

العلوم والتقنية

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية • السنة العشرون • العدد الثمانون • شوال ١٤٢٧هـ/نوفمبر ٢٠٠٦م

الأقمار الاصطناعية

(الجزء الأول)

قصة الجاذبية

الملاحة الفضائية

المحطات الأرضية



ISSN 1017 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

منهــــاج النشــــر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :ـ

١ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ـ أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ـ أن لايقل المقال عن ثماني صفحات ولايزيد عن أربع عشرة صفحة مطبوعة .

٥ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧ـ المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويـــات العــــدد


مكونات الأقمار


مدارات الأقمار الاصطناعية


متطلبات إنتاج الأقمار

المراســـــلات

رئيس التحرير

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ـ الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر
ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض
هاتف: ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥ ـ ناسوخ(فاكس) ٤٨١٣٣١٣
البريد الإلكتروني : **jscitech@kacst.edu.sa**

Journal of Science & Technology
King Abdulaziz City For Science & Technology
Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086
Riyadh 11442 Saudi Arabia

العلوم والتقنية



العلوم والتقنية



كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

تتوالى التطورات التقنية وتتلاحق بمختلف مجالاتها وأنواعها بدرجة لا يستطيع الإنسان متابعتها والإلمام بها، ولقد شكلت ريادة الفضاء في وقتنا الحاضر أهم التطورات التقنية، حيث وصل الإنسان إلى القمر، ووصلت معداته وتجهيزاته إلى سطح المريخ، ولا زال يحاول الوصول إلى أبعد من ذلك.

شكلت الأقمار الإصطناعية ثورة علمية متطورة أثرت في حياة الإنسان، فقربت إليه البعيد، وأصبحت الأرض المترامية الأطراف مثل قرية صغيرة، ما يحدث في أحد أطرافها يطلع عليه الناس خلال ثوان معدودة في أطرافها الأخرى، ومسحت له سطح الأرض، ورسمت له طبوغرافيتها بدقة تامة، فسهلت عليه اكتشاف مجاهلها والإطلاع على مناطق لم تكن في يوم من الأيام محل تفكيره للوصول إليها.

قراءنا الأعزاء

تختلف الأقمار الاصطناعية في أحجامها وأشكالها وأوزانها حسب المهمة التي صنعت من أجلها والأهداف المراد تحقيقها، كما يختلف المدار الذي سيوضع فيه القمر، فلكل مهمة مدار خاص، فمدارات أقمار الاستشعار عن بعد تختلف عن مدارات الأقمار المستخدمة لأغراض عسكرية، وتختلف عنهما مدارات أقمار الاتصالات، وهكذا.

يتم وضع الأقمار الاصطناعية في المدار المطلوب بواسطة الصواريخ متعددة المراحل، ومع أن عملية الإرسال والوضع تلك تحتاج إلى عمليات حسابية معقدة إلا أنها تتميز بدقة عالية، بحيث يتم وضع القمر في المكان المحدد له سلفاً من قبل العلماء على الأرض. كما تحتاج عملية الإطلاق تحضيرات جادة، تمر بمراحل محددة، ومتابعة دقيقة قبل الإطلاق وبعده إلى أن يستقر القمر في المدار المحدد.

قراءنا الأعزاء

يسرنا أن نتناول موضوع الأقمار الاصطناعية من خلال عددين، حيث يتطرق العدد الأول إلى المواضيع التالية: الأقمار الاصطناعية، قصة الجاذبية، الملاحة الفضائية، مكونات الأقمار الاصطناعية، مدارات الأقمار الاصطناعية، متطلبات إنتاج الأقمار، إطلاق الأقمار الاصطناعية، المحطات الأرضية.

والله من وراء القصد وهو الهادي إلى سواء السبيل،،،



معهد بحوث الفضاء

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

انطلاقاً من إدراك مدينة الملك عبد العزيز للعلوم ولتقنية بأهمية علوم وتقنيات الفضاء، وما تحققه استخداماتها من فائدة للبشرية في المجالات المختلفة، فقد قطعت المملكة شوطاً متقدماً في أنظمة الاتصالات الفضائية العالمية والإقليمية، وفتح الآفاق للمشاركات في التجارب العلمية للرحلات الفضائية، وإنشاء البنية الأساسية لعديد من التطبيقات والاستخدامات الفضائية. وقد كان للأمر السامي رقم١٣٢٢ /٨ بتاريخ ٢٤ /٧/ ١٤٠٣هـ الخاص بانشاء محطة الاستقبال للأقمار الاصطناعية، والمركز السعودي للاستشعار عن بعد الأثر الفعال في التعريف ونشر هذه التقنية على مستوى الجهات والهيئات الحكومية ومراكز الأبحاث.

وقد تطور المركز السعودي للاستشعار عن بعد ليصبح معهد متخصصاً في علوم الفضاء والطيرات وذلك في ١٤١٨هـ ليسهم في نقل وتوطين تقنية الفضاء والطيران وتطوير البحوث التطبيقية ذات العلاقة والإفادة منها بما يخدم خطط التنمية بالملكة.

مهام المعهد

أوكل للمعهد العديد من المهام من أبرزها مايلي:-

- تقديم خدمات عملية للجهات المستنفدة في مجال علوم الفضاء الطيران.
- تنفيذ مشاريع مشتركة مع الجهات المستفيدة لخدمة التنمية بالملكة.
- تصميم وإطلاق وتطوير أنظمة الأقمار الاصطناعية السعودية وتطبيقاتها في الملكة.



- توحيد المواصفات الوطنية لنظم المعلومات الجغرافية، وإنشاء شبكة وطنية لتبادل المعلومات بين الجهات ذات العلاقة.
- تأهيل الكوادر عن طريق الابتعاث والدورات التدريبية.
- تقديم الدعم الفني والاستشاري للجهات المستفيدة.
- المشاركة في اللجان العلمية والفنية ذات العلاقة بنشاطات المعهد.
- إجراء الأبحاث وتطوير نماذج لتطبيقات مختلفة في مجال علوم الفضاء والطيران.

الأقسام الإدارية

يضم المعهد المراكز الرئيسة التالية :

● مركز الأقمار الاصطناعية

يقوم هذا المركز بالعمل على أبحاث ودراسات خاصة بتقنيات الأقمار الاصطناعية والمستشعرات، منها تطوير وبناء قمراً اصطناعياً صغير الحجم (سعودي سات) يعمل في المدادات المنخفضة على مبدأ التخزين والتحويل الرقمي، والذى من مهامه تحويل المعلومات من مواقع نائية يسمح بمراقبة الأداء في تلك المواقع، كما يستخدم في نظام تعقب المركبات، ونقل البيانات من طرفيات ثابتة أو محمولة إلى محطات أخرى.

● **مركز تقنية الطيران**

يهدف هذا المركز إلى نقل وتوطين تقنيات الطيران إلى المملكة، وإجراء الأبحاث والدراسات المتخصصة في مجال علوم وهندسة الطيران وإنشاء قاعدة معلومات علمية وطنية في هذا المجال.

● **مركز تطبيقات الضوئيات**

يهدف هذا المركز إلى تنفيذ برامج البحوث المتعلقة باستخدام الليزر مثل:

تحديد المسافات، الاتصالات، الدراسات الطيفية وتقديم الاستشارات للقطاعات الحكومية والخاصة بالمملكة، إضافة إلى إنشاء قاعدة معلومات خاصة ببحوث الليزر في المملكة.

● **مركز الدراسات الرقمية**

أعد هذا المركز ليكون مركزاً وطنياً مجهزاً بأحدث الحاسبات الآلية ذات الكفاية العالية، والبرامج المتخصصة في مجال الحاسبات وتطبيقات النمذجة والتشبيه الرقمي، بالإضافة إلى توفير خدمات هذه التقنية، لإجراء ودعم البحث العلمي التطبيقي في المملكة.

● **مركز نظم المعلومات الجغرافية**

يقوم المركز بإجراء الأبحاث التطبيقية في مجال نظم المعلومات الجغرافية وتطويرها، بما يتناسب مع متطلبات الجهات المستفيدة والتنسيق معها، لتكون شبكة وطنية للمعلومات الجغرافية تقدم المعلومات وفق مواصفات وضوابط محددة.

● **المركز السعودي للاستشعار عن بعد:**

أنشأ المركز عام ١٤٠٣هـ (١٩٨٢م)، ويعد من أحد المراكز المتميزة في دول العالم؛ لاشتماله على نظام متكامل لاستقبال ومعالجة وتحليل وإنتاج الصور الفضائية، حيث توجد محطة استقبال قطر دائرتها (٥٠٠٠) كم، وتغطي معظم الدول العربية وبعض الدول الإسلامية بمساحة (٢٣) مليون كم مربع، بالإضافة إلى تعدد الأقمار الاصطناعية التي يستقبل معلوماتها، كما يتوفر بالمعهد أرشيف يحوى بيانات رقمية لسلسلة أقمار (لاندسات/ سبوت/ آي آر إس/ رادارسات/ ايكونس).

● **مكتب المشاريع التعاقدية**

أُنشأ هذا المكتب لغرض تنظيم وتفعيل التعاون بين معهد بحوث الفضاء والقطاعين الحكومي والخاص. ويقدم المكتب الخدمات الاستشارية والفنية، بالإضافة إلى القيام بالمشاريع البحثية التطبيقية بالتعاون مع مختلف الجهات. كما يقوم بتطوير تقنيات معينة وتصنيعها وتسويقها بالتعاون مع الشركات الصناعية المحلية

إنجازات المعهد

سعى المعهد خلال الفترة الوجيزة الماضية لتنفيذ عدد من الاتفاقيات والمشاريع تهدف إلى تطوير التطبيقات الخاصة بتقنية الفضاء والطيران، وتفعيل دور المعهد في التنسيق بين الجهات، والإعداد لتكوين شبكة وطنية في هذا المجال، وتتلخص هذه الإنجازات في التالي:

١- إطلاق سلسلة من الأقمار الاصطناعية السعودية - إقمار سعودي سات (١أ، ١ب،١ج) - لاستخدامها في مشاريع التعاون مع الجهات الحكومية والخاصة مثل: نقل المعلومات من الأماكن النائية وإجراء التجارب العلمية ولمواكبة التقدم العلمي وتلبية احتياجات المملكة، ويجري العمل على إطلاق سلسلة أخرى من الأقمار الصطناعية السعودية في مجال الإستشعار عن بعد والاتصالات.



٢- تنفيذ اتفاقية التعاون مع شركة الدليل لنظم المعلومات؛ لإصدار سلسلة المستكشف والتي تُعنى بإنتاج اسطوانات مدمجة (CD)، تحتوي على خرائط رقمية للمدن الرئيسة بالمملكة ، مدعمة بالمعلومات الوصفية لمواقع المعالم والخدمات المختلفة. علماً بأنه تم حتى الآن إصدار المستكشف لكل من الرياض وجدة ومكة المكرمة والمدينة المنورة، ويجري حاليا الإعداد لمستكشف الدمام ومستكشف المملكة، تليها باقي المدن الرئيسة.

٣- تنفيذ اتفاقية لتطوير منظومة آلية لتحديد مواقع المركبات بالتعاون مع شركة الإلكترونيات المتقدمة، وشركة الدليل لنظم المعلومات. وقد تم الانتهاء من إعداد التصاميم الأولية لهذه المنظومة، ويجري حاليا تطبيقها لصالح جمعية الهلال الأحمر

السعودي بمدينة الرياض، بالإضافة إلى مشروع تجريبي آخر للمشاعر المقدسة.

٤- تنفيذ اتفاقية التعاون مع شركة انتر جراف العالمية؛ والتي تهدف إلى تكوين فريق عمل يقوم بتعريب برنامجيها المعروفين في مجال نظم المعلومات الجغرافية: جيوميديا وبرو (GeoMedia and GeoMedia Pro.).

٥- تنفيذ مشروع تحديد الآبار ومحطات المياه في بعض مناطق المملكة بإستخدام الصور الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية لأحد المشاريع المدعمة من المدينة.

٦- البدء بتنفيذ أحد مشاريع الاتفاقية الموقعة مع القوات الملكية الجوية السعودية المتضمن تحديث الخرائط باستخدام الصور الفضائية المحدثة وتقنية نظم المعلومات الجغرافية.

٧- التنسيق مع وزارة التربية والتعليم - وزارة المعارف والرئاسة العامة لتعليم البنات سابقاً - لتنفيذ مشروع تجريبي للنظم الجغرافية للمدارس (نجم)؛ يهدف إلى ربط المعلومات الوصفية لديهم بمواقع المدارس، مما يساهم في تحليل المعلومات، ويساعد في توفير الرؤية الشاملة للمسؤولين لاتخاذ القرارات المناسبة.

٨- عقد اتفاقية مع الهيئة العليا للسياحة لتبادل المعلومات والتعاون في مجال إصدار الخرائط السياحية وتوفير الدعم الفني اللازم.

٩- التنسيق مع وزارة الصحة لتنفيذ مشروع تجريبي يخدم أغراض الوزارة.

١٠- تنظيم ملتقيات وندوات علمية والمشاركة في الندوات وورش العمل التي تخص اهتمامات المعهد.



١١- الانضمام إلى لجنة مواصفات النظم الجغرافية الدولية(ISO/TC221)، والمشاركة في عدة مشاريع؛ تهدف إلى وضع مواصفات دولية في مجال نظم المعلومات الجغرافية، وبالتالي الاستفادة منها في وضع المواصفات الوطنية.

١٢- التنسيق مع الجامعات وبعض الجهات لتنظيم تدريب تطبيقي لمنسوبيها من طلاب وموظفين.

١٣- إنشاء قواعد معلومات جغرافية لصالح شركة الاتصالات السعودية (المرحلة الأولى).

١٤- إنتاج صور فضائية مصححة ثلاثية الأبعاد عالية الدقة لبعض المدن.

١٥- إنتاج صور فضائية مصححة ثلاثية الأبعاد للمملكة(بدقة ١٠م)

١٦- إنشاء نقاط تحكم (GCPs)ونماذج ارتفاعات رقمية(DEMs).

١٧- انتاج خرائط رقمية.

١٨- دمج شبكات الهاتف مع الخرائط الرقمية.

١٩- تصحيح وإنتاج خرائط للمخططات الهيكلية والمحلية لمناطق المملكة (شبكة الجوال).

٢٠- حصر الغابات والمراعي جنوب غرب المملكة باستخدام تقنيه الإستشعار عن بعد، بدعم من وزارة الزراعة، وينفذ بالتعاون مع وزارة الزراعة وجامعة الملك سعود.

٢١- انتاج الأطلس الفضائي المدعوم من قبل مؤسسة الأمير سلطان الخيرية.

٢٢- إنتاج أطلس فضائي للملكة بالتعاون مع جامعة الملك سعود، ويشمل صور فضائية لمدن المملكة ومعلومات عامة للمعالم الرئيسة .

الخطط المستقبلية

وضع المعهد خطته الخمسية بحيث تتواكب مع التطورات التقنية والتنظيمية في مجال الفضاء والطيران والاتجاهات البحثية، وتتوافق مع خطط التنمية وتحقق الطموحات والأهداف التي يسعى المعهد إلى بلوغها حسب الإمكانيات المتاحة، وتشمل الخطط المشاريع المستقبلية التالية:-

١- إنشاء الشبكة الوطنية لنظم المعلومات الجغرافية.

٢- إنتاج الخرائط المدرسية.

٣- توحيد مواصفات نظم المعلومات الجغرافية.

٤- إنتاج وطلاق ٢٤ قمراً إصطناعي تجاري.

٥- البحث والتطوير في أنظمة الملاحة الجوية، وزراعة الأيونات، والمحفزات، وتصنيع الليزر.

٦- تصنيع ومعالجة واختبار عدد من المواد المركبة الخاصة بهياكل الطائرات .

٧- قياس أشعة الميكرووف (Cosmic Microwaves)

٨- دراسة تأثير النسبية العامة على المدارات(Relativistic Orbital Precessions).

الأقمار الاصطناعية

د. عبدالعزيز الصقير

القمر الاصطناعي عبارة عن جسم يضعه الإنسان في مدار حول الأرض (أو أي كوكب آخر). تقوم الأقمار الاصطناعية بدور مهم في حياتنا اليومية بطريقة مباشرة وغير مباشرة، فهي تلعب دوراً أساسياً في الاتصالات والملاحة والفلك وتوقعات الطقس والعمليات العسكرية والاستخباراتية وتخطيط المدن والحفاظ على البيئة والحياة البرية. كما ساهمت الأقمار الاصطناعية بطريقة غير مباشرة في التقدم العلمي والتقني وفي الزراعة والصناعة.

بدأ إطلاق الأقمار الاصطناعية وغزو الفضاء ـ عموماً ـ بعد أن تطورت عدة تقنيات خاصة خلال الحرب العالمية الثانية، وتعد الصواريخ والرادار من أهم التقنيات التي أثرت في البدء في عصر الفضاء، فالصواريخ هي الوسيلة لإيصال القمر إلى مداره في الفضاء، والرادار مهم لتعقب القمر ومعرفة موقعه. كما ساهم التطور في الحاسب الآلي وأنظمة الاتصالات في الإسراع بالدخول إلى عصر الفضاء.

الفضاء والغلاف الجوي

الفضاء كلمة تعني: كل ما هو خارج الغلاف الجوي للأرض. ومع أن الفضاء خال لكنه ينبض بأنواع من الطاقة السابحة فيه، مثل: الضوء المرئي، والأشعة تحت الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة السينية، وأشعة جاما، وموجات الميكرويف، وبروتونات وإلكترونات وإشعاعات كونية. يقوم الغلاف الجوي على صغره بالنسبة للفضاء بحماية الحياة على الأرض من هذا الطوفان من الطاقة.

يتكون الغلاف الجوي الذي يحيط بالأرض من غازات الأكسجين والنيتروجين والأرجون وبخار الماء وثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى بالإضافة إلى ذرات الغبار وعوالق أخرى.

يحيط الغلاف الجوي بالأرض عن طريق طبقة من خليط غازي تقل كثافته كلما ابتعدنا عن سطح الأرض. وعلى الرغم من أن سمك هذا الغلاف رقيق جدا بالنسبة لحجم الأرض، إلا أنه أساسي للحياة عليها، فهو يحتوي على الأكسجين الأساس للحياة، كما أنه يشكل حماية من بعض أشعة الشمس الضارة.

يشكل غاز النيتروجين معظم الغلاف (٧٨٪)، بينما يمثل غاز الأكسجين (٢١٪) منه، أما بقية الغازات ـ الأرجون والأوزون وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ـ فتمثل (١٪) فقط من مكونات الغلاف الجوي ولكنها مهمة في حياتنا.

ينقسم الغلاف الجوي، جدول (١) إلى خمس طبقات تبعا لتغير الحرارة مع الارتفاع، وهي:-

● طبقة التروبوسفير

تعتبر طبقة التروبوسفير (Troposphere) الطبقة الأولى (الأقرب للأرض) المؤثر الأساسي على الطقس وتحتوي نصف الغلاف. تقل درجة الحرارة في هذه الطبقة بالارتفاع عن سطح الأرض، وتنتهي هذه الطبقة في المنطقة التي لا تتغير فيها الحرارة مع الارتفاع.

● طبقة الاستراتوسفير

تأتي طبقة الاستراتوسفير(Stratosphere) بعد طبقة التروبوسفير من حيث الارتفاع من الأرض، وهي التي تحلق فيها الطائرات وتزداد الحرارة فيها مع الارتفاع على العكس من التروبوسفير. تشكل هذه الطبقة مع طبقة التروبوسفير حوالي ٩٩٪ من كتلة الغلاف الجوي.

● طبقة الميسوسفير

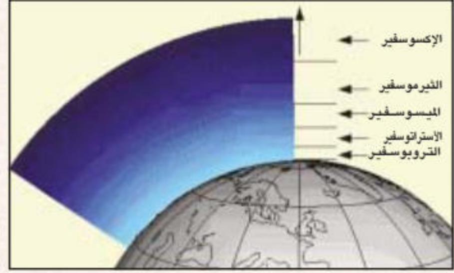
تسمى الطبقة الثالثة بطبقة الميسوسفير (Mesosphere)، وفيها تحترق الشهب. وهي أبرد طبقة في الغلاف الجوي حيث تصل درجة الحرارة فيها إلى ٩٠ْم تحت الصفر. تقع تحت هذه الطبقة ٩٩٫٩٩٩٩٪ من كتلة الغلاف الجوي.

● طبقة الثيروموسفير

طبقة الثيرموسفير(Thermosphere) هي الطبقة التي فيها تدور المركبات الفضائية المأهولة. وبسبب الكثافة القليلة لهذه الطبقة فإن تغييراً صغيراً بالطاقة يسبب تغييراً كبيراً في درجة الحرارة، لذا فهي تتأثر كثيراً بالنشاطات الشمسية وما يصاحبها من تذبذب في أشعتها، حيث تتجاوز درجة حرارة الطبقة ١٥٠٠ْم في ذروة النشاط الشمسي.

الطبقة	الارتفاع (كم)	الكثافة (ذرة/سم٣)
التروبوسفير	سطح الأرض-١٥	$١٠^{١٨}$
الأستراتوسفير	١٥-٥٠	$١٠^{١٤}$
الميسوسفير	٦٠-٨٥	$١٠^{٨}$
الثيرموسفير	١٢٠-٦٠٠	$١٠^{٦}$
الإكسوسفير	٦٤٠-١٢٨٠	$١٠^{٢}$

● جدول (١) تغير كثافة طبقات الغلاف الجوي بالارتفاع من سطح الأرض.



●طبقات الغلاف الجوي الخمس حول الأرض .

● طبقة الإكسوسفير

طبقة الإكسوسفير (Exosphere) هي آخر طبقات الغلاف الجوي، وهي جزء من طبقة الثيرموسفير. وعلى الرغم من أنها تمثل نسبة ضئيلة جداً من كتلة الغلاف الجوي إلا أنها تلعب دوراً في اتصالات الراديو، حيث تتسبب أشعة الشمس في تأين غازات الطبقة لتنعكس منها إشارات الراديو إلى الأرض كما تعكس المرآة الضوء.

تاريخ الأقمار الاصطناعية

حلم الإنسان بالطيران في الجو والوصول إلى الفضاء منذ العصور القديمة. وبدا أن هذا الحلم يوشك أن يتحقق بعد التقدم العلمي والصناعي في القرن السابع عشر، حيث غيرت الثورة العلمية آنذاك الكثير من المفاهيم القديمة، ووصفت هذه الثورة العلمية وفسرت عدداً من الظواهر الفلكية والفيزيائية والكيميائية.

ومن أهم ملامح تلك الفترة نظريات العالم الألماني **كيبلر**(Johannes Kepler) (١٥٧١-١٦٣٠م) عن حركة الكواكب ونظريات العالم الإنجليزي الشهير **نيوتن** عن الجاذبية (عام ١٦٦٦م) وحركة الأجسام (عام ١٦٨٦م).

ظهر في تلك الفترة نوع جديد من الأدب تمثل في قصص الخيال العلمي، ومعظمها تحكي عن الموضوع المفضل آنذاك وهو الفضاء وخصوصاً القمر. ومن أول هذه القصص قصة "الحلم" **لكيبلر** - نشرت عام ١٦٣٤م (بعد أربع سنوات من موته) - التي تصف رحلة من الأرض إلى القمر.

وفي القرن التاسع عشر قدم **إفريت** (Edward Everett) عام ١٨٦٩م اقتراحاً بعنوان "القمر الحجري" (The Brick Moon)، حيث اقترح وضع قمر اصطناعي مأهول مصنوع من الحجر في مدار حول الأرض، يرسل سكانه إشارات مورس للأرض لإرشاد السفن. كما قدم العالم الروسي **كبالشيش** (Nikolai Kibalchich) تصميماً لسفينة فضاء محمولة على صاروخ. وقد بقي على اعتقاده بنجاح التصميم حتى وهو على منصة الإعدام، حيث أعدم في عام ١٨٨١م لأسباب سياسية.

كتب مدرس الرياضيات الروسي **تسيولكفوسكي** (Konstantin Tsiolkovsky) (١٨٥٧-١٩٣٥م) كتاباً صغيراً عن كيفية قيام إنسان بقيادة سفينة في رحلة للفضاء الخارجي، وصف فيها العديد من الظواهر في الفضاء وكيفية التغلب عليها، فقد تحدث عن إمداد هذه السفينة بالطاقة اللازمة لها من الشمس وكيفية بناء سفينة فضاء تسير بالوقود السائل. ثم طرح في ١٨٩٥م فكرة إطلاق قمر اصطناعي بمدار يرتفع ٢٠٠ ميل، عن سطح الأرض، وقدم تفاصيل لأنظمة الصواريخ القادرة على إيصال القمر للفضاء واقترح صاروخاً ينطلق بعدة مراحل تنفصل فيها محركات الصاروخ مع خزانات الوقود عن بقية الصاروخ تباعاً.

على الرغم من أن إسهامات **تسيولكفوسكي** في غزو الفضاء كانت نظرية، إلا أن تأثيرها في برامج الفضاء الروسية كان عظيماً. فقد اقترح استخدام الوقود السائل في الصواريخ بدلاً من الصلب، لأن محركات الصاروخ السائل يمكنها أن تشعل وتطفأ ويعاد إشعالها مرة أخرى. وهذا غير ممكن في الوقود الصلب لأنه متى ما بدأ في الاشتعال لايمكن إيقافه. كما حسب هذا العالم سرعة الصاروخ اللازمة للفكاك من جاذبية الأرض.

في عام ١٩٢٠م نشر الفيزيائي الأمريكي **جودارد** (Robert Goddard) (١٨٨٢-١٩٤٥م) بحثاً أوضح فيه بالأرقام والرسومات كيفية بناء صاروخ لبلوغ الغلاف الجوي العلوي للأرض، حيث قام ببناء واختبار أول صاروخ يعمل بالوقود السائل في عام ١٩٢٦م.

ألهمت قصص الخيال العلمي الكثير من العلماء مثل الألماني **أوبرث** (Herman Oberth) ١٨٩٤- ١٩٨٩م الذي ألف في عام ١٩٢٣م كتابه "إلى الفضاء بالصاروخ" وتحدث عن إمكانية إرسال صاروخ للفضاء، موضحاً أن إطلاق صاروخ بسرعة مناسبة يستطيع أن يحمل معه قمراً اصطناعياً يدور حول الأرض. وأشار إلى إمكانية رؤية التفاصيل الدقيقة للأرض من هذا القمر، كما وصف طريقة الاتصال بالقمر. وقد أثرت كتاباته في الشباب الألماني مما أدى إلى تأسيس العديد من نوادي هواة الصواريخ، وهي التي كانت نواة تصنيع الصواريخ الألمانية.

بعد نشر العلماء الأبحاث النظرية؛ حاول المهندسون تطبيق هذه الأبحاث في صناعة الصواريخ، وقد أتت أهم هذه المحاولات من ألمانيا وروسيا عندما نمت نوادي الصواريخ بفعل الدعم الحكومي لها لتتحول إلى برامج عسكرية.

في عام ١٩٣٤م استطاع فريق ألماني بقيادة **براون** (Wernher von Braun) صنع وإطلاق الصاروخ (A-2)، وفي عام ١٩٤٢م أطلق الصاروخ (A-4)، حيث وصل مداه إلى ١٩٠ كم ووصل إلى ارتفاع ٩٥ كم، وتم تطوير نسخة حربية منه حملت رأساً متفجراً عرف بصاروخ (V-2) تم استخدامها في لندن خلال الحرب العالمية الثانية من شهر سبتمبر من عام ١٩٤٤م حتى نهاية الحرب.

بعد نهاية الحرب وهزيمة ألمانيا، كان لدى الفريق الألماني أكثر من سبعة تصاميم لصواريخ لم يسعفهم الوقت لبنائها، بعضها يصل مداه إلى ٥٠٠٠ كم وتزن حمولته الحربية ٢٥٠٠٠ كجم.

وفي روسيا قام ناد للصواريخ ببناء وإطلاق الصاروخ (GIRD) في عام ١٩٣٣م، وكان من بين أعضاء النادي


● الصاروخ الألماني (V-2).

المهندس الأوكراني الأصل **كوروليف** (١٩٠٧-١٩٦٦م) الذي تأثر بشدة بآراء الروسي **تسيولكفوسكي**. استطاع **كوروليف** تطوير صواريخ ثنائية المرحلة، كما طور أول محرك نفاث روسي، وبذلك نجح الروس في استخدام صواريخ قصيرة المدى في نهاية الحرب العالمية الثانية.

كان تصميم الصاروخ الألماني (V-2) أساساً لمعظم الصواريخ التي أتت بعده، فقد استمد الأمريكيون تصميمه من العلماء الألمان لبناء صواريخهم بعد الحرب، بينما استخدم الروس تقنية ألمانية - روسية مشتركة.

كان لأمريكا بعد نهاية الحرب التفوق على الاتحاد السوفيتي في كل المجالات، إذ كان لديها بنية صناعية قوية لم تدمرها الحرب العالمية الثانية، و قطاع بحثي متطور جداً على المستويين الحكومي والخاص، كما حصلت على أهم العوامل وهي وجود ١٢٠٠ عالم ألماني كانوا من أهم من صمم وطور الصاروخ الألماني الشهير (V-2) من بينهم **براون** وفريقه، بالإضافة إلى جميع التصاميم والرسومات وحمولة ٣٠٠ عربة من قطع غيار الصاروخ (V-2)، بينما حصل الروس على بعض مهندسي الصف الثاني منهم.

حاولت أمريكا تصنيع الصواريخ بعد نهاية الحرب العالمية الثانية مباشرة بدءً بنسخ من الصاروخ (V-2)، وفي عام ١٩٥٣م نجح **براون** من إطلاق صاروخ بمدى ٢٠٠ ميل بينما تمكن الروس قبل ذلك بثلاث سنوات من إطلاق صاروخ شبيه.

زادت هذه المحاولات من همة العلماء للوصول للفضاء وإطلاق أقمار اصطناعية، حيث أصبحت هذه الغاية على مرمى أبصارهم، فقد اقترحت شركة دوغلاس للطيران في عام ١٩٤٦م مشروع قمر اصطناعي يطلق في عام ١٩٥١م بتكلفة ١٥٠ مليون دولار. وفي عام ١٩٥٤م اقترح ممثلو ٦٧ دولة إطلاق قمر اصطناعي لتصوير الأرض في عام ١٩٥٧م، ثم أعلنت كل من أمريكا والاتحاد السوفيتي عن نواياهما لإطلاق أقمار اصطناعية. بعد شهر من هذا الإعلان أخذ السوفيتي كوروليف الضوء الأخضر للبدء في برنامجه.

كان لتقنية الرادار - تقنية إضافية بدأت بريطانيا بتطويرها خلال الحرب العالمية الثانية - الأثر الفعال في ولوج عصر الفضاء، لما لها من أهمية في عمليات تعقب الصواريخ خلال المراحل الأولى من تطوير أنظمة التحكم والتوجيه والملاحة. وفي عام ١٩٤٨م أرسل سلاح الإشارة الأمريكي إشارة رادار إلى سطح القمر، واستقبل الإشارة المرتدة منه (Earh-Moon-Earh)، وهذا برهن على إمكانية استقبال إشارة مرسلة من الفضاء بطاقة معقولة. وفي عام ١٩٥٤م أرسلت البحرية الأمريكية إشارة تحمل رسالة صوتية إلى سطح القمر، وتم استقبال الإشارة المرتدة منه إلى الأرض.

وهناك تقنيات قادت بشكل غير مباشر للدخول في عصر الفضاء، منها القنابل النووية. ففي عام ١٩٤٩م: امتلك الأمريكيون السلاح النووي وقاذفات قادرة على إيصاله. ولم يكن لدى الروس أي منهما، ولكن عند امتلاكهم السلاح النووي قرروا استخدام الصواريخ بدلاً من الطائرات، مما أدى إلى تطوير الصواريخ العابرة للقارات (Intercontinental Ballistic Missiles-ICBM).

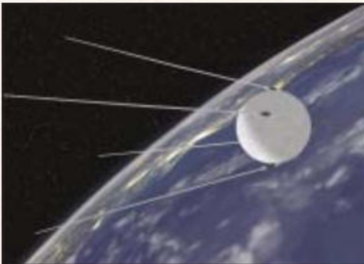
فجرت أمريكا أول قنبلة هيدروجينية عام ١٩٥٢م، ولحق بها الاتحاد السوفيتي بعد تسعة أشهر، وكان سباق التسلح على أشده بين الدولتين. وفي عام ١٩٥٦م تمكن **براون** من إطلاق صاروخ مداه ٥٠٠٠ كم، وصل إلى ارتفاع ١٠٠٠ كم عن سطح الأرض ولكنه فشل في تشغيل المرحلة الأخيرة. كما فشلت محاولة أخرى عندما انفجر الصاروخ وهو على قاعدة الإطلاق في ١٩٥٧/٢/٢٦م.

تمكن **كوروليف** من تصميم صاروخ عابر للقارات في ١٩٥٤م، وتمت أول تجربة للصاروخ البالغ طوله ٩٠م في عام ١٩٥٧م ، ونجحت ثالث تجربة في ١٩٥٧/٨/٢١م.

● سبوتنك أول قمر اصطناعي

أطلق الروس أول قمر اصطناعي هو القمر سبوتنك-١ (Spotnik-I) - تعني رفيق السفر باللغة الروسية - في ١٩٥٧/١٠/٤م من قاعدة بيكانور بكازاخستان. حمل الصاروخ (SS-6) الذي يزن ٢٦٠ طناً القمر في مدار إهليجي يبلغ ارتفاعه عن سطح الأرض بين ٢١٥ و ٩٣٩ كم.

كان القمر سبوتنك-١ عبارة عن كرة براقة قطرها ٥٨ سم وتزن ٨٣,٦كلجم. ويحمل القمر جهازي إرسال بتردد ٢٠ و٤٠ ميجاهيرتز، كما حمل هوائيين طولهما ٢,٤ و ٢,٩ م. كانت مهمة القمر دراسة الجاذبية الأرضية عن


● القمر سبوتنك-١ (Spotnik-I) حول الأرض.

طريق متابعة مداره، كما تمت دراسة طبقة الأيونسفير بواسطة تحليل الإشارات المرسلة من القمر للأرض.

استخدم القمر سبوتنك بطاريات كيميائية لتزويده بالطاقة لفترة لا تتجاوز ثلاثة أسابيع، وقد استطاع الكثير من الناس رؤيته بالعين المجردة، حيث بدا كنقطة براقة تتحرك بسرعة في السماء، وهذا ما أراده الروس بالفعل ليحدث هزة إعلامية عالمية. تعطلت أجهزة الإرسال بعد إطلاق القمر بثلاثة أسابيع وانتهى عمره بسقوطه على الأرض بعد شهرين ونصف من إطلاقه.

بعد شهر من إطلاق سبوتنك ـ١ أطلق الروس القمر سبوتنك ـ٢ في ٣/١١/١٩٥٧م، الذي حمل الكلبة (Laika) ـ النبّاحة باللغة الروسية ـ كأول مخلوق يصل الفضاء بفعل الإنسان.

ويمكن القول: إنه على الرغم من خروج الاتحاد السوفيتي من الحرب العالمية الثانية منهكاً وتكبده خسائر بشرية فادحة ودماراً كبيراً وصراعات وقلاقل داخلية، إلا أنه نجح في إطلاق أول قمر اصطناعي، بفضل قيادة مواطنه **كوروليف** الذي أفنى عمره بعمل دؤوب وحماس شديد. وخلال ١٢ سنة فقط استطاع **كوروليف** أن ينجح في إطلاق أول صاروخ عابر للقارات، وأول قمر اصطناعي، أتبعها بأول رائد فضاء وأول رائدة فضاء.

بعد صنع وإطلاق سبوتنك تحققت أحلام كثيرة للإنسان وتحول من مراقب للفضاء إلى مشارك فيه، وأصبحت هذه الطفرة التقنية الهائلة في تاريخ البشرية حجر أساس للتطور العلمي والاقتصادي والاجتماعي الذي نعيشه الآن.

● الولايات المتحدة في حلبة السباق

أيقظ إطلاق سبوتنك الغرب وخاصة الولايات المتحدة الأمريكية، حيث إنه خلّف هزة عنيفة في الأوساط السياسية والعلمية والعسكرية. وصف أحد الكتاب الأمريكيون الحدث بأنه لم يحدث قط أن خلّف جسم صغير مسالم مثل هذا الذعر، كما سمّاه آخرون "هزة القرن".

بعد هذا الفشل الأمريكي والنجاح الروسي شعر الأمريكيون بأن كرامتهم بلغت الحضيض خاصة أنهم كادوا أن يسبقوا الروس في الوصول إلى الفضاء. وأخيراً نجح الأمريكيون بعد اطلاق سبوتنك بأربعة أشهر في إطلاق القمر إكسبلورر-١ (Explorer-1) في ٣١/١/١٩٥٨م، وهو أسطواني الشكل دار حول الأرض على ارتفاع تراوح ما بين ٣٥٦ و ٢٥٤٨ كم. حمل القمر أجهزة علمية استطاع بها العلماء قياس الإشعاع الكهرومغناطيسي حول الأرض. توصل العلماء فيما بعد إلى اكتشاف حزام إشعاعي محيط بالأرض سُمي فيما بعد بحزام فان ألن (Van Allen Belt) نسبة إلى الفيزيائي الأمريكي الذي قاد فريق العلماء، وأخيراً سقط القمر على الأرض في ٣١/٣/١٩٧٠م.

تأسست في عام ١٩٥٨ وكالتان هما وكالة الفضاء الوطنية الأمريكية ناسا (NASA) و وكالة البحوث المتطورة (ARPA)، وقادت هاتان الوكالتان سباق التسلح الذي كانت أكبر ثماره التطور الهائل في تصنيع الأقمار الاصطناعية.

● دول العالم تدخل الحلبة

توالت دول العالم لتطوير وإطلاق الأقمار الاصطناعية، كما تعددت استخداماتها لتشمل جميع نواحي الحياة، ومنذ عام ١٩٥٧م وحتى الوقت الحاضر تم ـ بنجاح ـ إطلاق أكثر من ٤٠٠٠ قمر اصطناعي معظمها للولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي. ويُطلق كل عام حوالي ١٠٠ قمر لخدمة الأغراض المدنية والعسكرية.



● القمر الأمريكي إكسبلورر-١ (Explorer-1).

● الأقمار السعودية

قام مركز تقنية الأقمار الاصطناعية بمعهد بحوث الفضاء **بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** بالعمل على تطوير وبناء قمرين اصطناعيين صغيري الحجم للاتصالات هي: سعودي سات ١أ، وسعودي سات ١ب. وقد تم إطلاق القمرين في ٢٦/٩/٢٠٠٠م من قاعدة بيكانور بكازاخستان عن طريق الصاروخ الروسي دنبر. يزن كل منهما ١٠ كيلو جرام، وهما مكعبي الشكل بطول وعرض ٢٤سم وارتفاع ٢٢سم.

ويعمل القمران على مبدأ التخزين والتحويل الرقمي، وقد أثبتت التجارب كفاية هذه الأقمار في تحويل المعلومات من مواقع نائية وفي تعقب المركبات.

دار القمران حول الأرض على ارتفاع ٦٥٠ كيلومتراً عن سطح الأرض، وبزاوية ميلان قدرها ٦٤ْ.



تبع ذلك إطلاق أربعة أقمار أخرى وينتظر إطلاق ستة خلال العام الحالي(٢٠٠٦م).

أهمية وخصائص الأقمار الاصطناعية

غيرت الأقمار الاصطناعية حياتنا عما كانت عليه قبل ٤٠ سنة، فمن كان يحلم آنذاك أن يتحدث مع شخص آخر في قارة أخرى وكأنه يجلس بجانبه. ومن كان يحلم أن يشاهد ما يحدث في أي مكان في العالم لحظة بلحظة. ومن كان يحلم أن يسمع إنذاراً بقرب وقوع عاصفة، ومن كان يحلم أن يستطيع أن يعرف مكانه بدقة وكيف يصل إلى وجهته في أي مكان في العالم.

تنقل أقمار الاتصالات المكالمات الهاتفية، والبث التلفزيوني، والبيانات حول العالم. كما تصور أقمار الاستشعار عن بعد الأرض لاكتشاف وإدارة الموارد الطبيعية وتخطيط المدن. وترصد أقمار الطقس جو الأرض لمراقبة الظواهر الجوية المختلفة وتوقع حالة الطقس لأيام قادمة. وتحدد أقمار الملاحة الموقع على الأرض والسماء بدقة عالية وبطريقة سهلة ومتوفرة. كما تلبي الأقمار العسكرية الاحتياجات الاستراتيجية للدول وحماية أمنها.

قادت التطورات التي حدثت بفضل الأقمار الاصطناعية (وبرامج الفضاء عموماً) إلى تطور في علوم وصناعة الاتصالات والاستشعار عن بعد والطب والتحكم الآلي والحاسب والبرمجيات، وإلى استخدامها على الأرض بعد نجاحها في الفضاء. تمتعت برامج الفضاء في بداياتها بدعم مادي وبشري واستراتيجي من حكومات الدول، حيث انعكس هذا الدعم على اختراع العديد من التقنيات الحديثة، وتم تطبيقها لاحقاً في الأنشطة المدنية والتجارية التقليدية بتكلفة يسيرة بعد أن تحملت الأنشطة الفضائية تكاليف البحث.

يتناول هذا العدد والذي يليه العديد من المقالات التي تلقي الضوء على خصائص الأقمار الاصطناعية ومميزاتها وأهم تطبيقاتها ومن مقالات هذا العدد :

● مدرات الأقمار الاصطناعية

يوضح مقال مدارات الأقمار الاصطناعية كيف تدور الأقمار على الأرض، وما القوانين الفيزيائية التي تحكم حركة القمر في مداره. كما سيتطرق المقال إلى العناصر الأساسية لكل مدار وأنواع المدارات واختلاف تطبيقاتها.

● إطلاق الأقمار الاصطناعية

يشرح مقال إطلاق الأقمار الاصطناعية: أساليب إطلاق الأقمار لتصل إلى مداراتها وأشهر محطات الإطلاق العالمية. كما سيتحدث عن تجربة المملكة العربية السعودية في إطلاق الأقمار السعودية.

● مكونات القمر

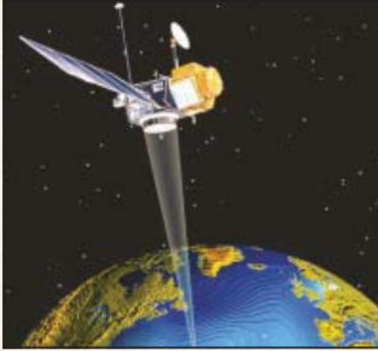
يصف مقال مكونات القمر: المكونات الرئيسة العامة لأي قمر اصطناعي، والمكونات الخاصة التي تحقق هدف أو مهمة للقمر، مثل: نظام الدفع ونظام الاتصال، ونظام الطاقة والنظام الحراري ونظام الهيكلة.

● الملاحة الفضائية

يشرح مقال الملاحة الفضائية ـ أحد تطبيقات الأقمار الاصطناعية ـ طريقة عمل نظام الملاحة الفضائية، ويعرض أهم تطبيقات هذا النظام وأشهر الأنظمة العالمية.

● متطلبات إنتاج الاقمار الاصطناعية

يصف مقال متطلبات إنتاج الأقمار الاصطناعية: مراحل تصميم وإنتاج الأقمار، ومتطلبات كل مرحلة ابتداءً من تحديد مهمة القمر، ووضع مواصفاته، والتصاميم الأولية والنهائية مروراً بتصنيع أجزاء القمر واختبارها، ثم تجميعها وانتهاءً باختبار القمر وتهيئته للإطلاق.



● المحطات الأرضية

يشرح مقال المحطات الأرضية: مهمات وأنواع ومكونات المحطات التي تتصل بالأقمار لتستفيد من خدماتها أو المخصصة للتحكم بها وتوجيهها.

● مقالات الجزء الثاني

يستعرض العدد الثاني: أهم تطبيقات الأقمار الاصطناعية مثل: الاتصالات الفضائية، حيث سيذكر المقال مميزاتها ومكوناتها، والخدمات التي تقدمها وأبرز الأنظمة العالمية. ويستعرض مقال الأقمار العسكرية: أنواعها وتطبيقاتها وأنظمة الدول العظمى. كما يقدم مقال أقمار الطقس نبذة عنها وتقنياتها وتطبيقاتها. ويحتوي العدد على مقال عن تطبيقات أخرى للأقمار الاصطناعية مثل: الفلك والبحث والإنقاذ. أما مقال أقمار الهواة فإنه يشرح مكونات محطة الاتصال المنزلية والمتحركة الخاصة بتلك الأقمار وكيفية الاستفادة منها و بناءها.



كذلك يستعرض الجزء الثاني برنامج أقمار الاتصالات السعودية الصغيرة (سعودي كمسات) وطريقة عمله ومواصفاته وتطبيقاته، ومقال عن القمر السعودي التجريبي الأول للاستشعار عن بعد حيث يصف مكوناته وأنظمته المختلفة.



تعد (قوة الجاذبية) إحدى القوى الأساسية الأربع في الطبيعة، فهناك إلى جانبها (القوة الكهرومغناطيسية) و (القوة النووية) و (القوة النووية الضعيفة). وعلى الرغم من أن (قوة الجاذبية) هي الأضعف بين هذه القوى، إلا أنه كان من الطبيعي أن تكون (قوة الجاذبية) هي القوة التي جذبت اهتمام الإنسان قبل غيرها من القوى الأساسية، وذلك لتأثيرها المباشر عليه وعلى محيطه المُشاهد. وما زالت (قوة الجاذبية) هي أصعب هذه القوى في الفهم والتحليل والقياس، حيث خضعت طبيعتها لقرون طويلة من الدراسات والقياسات، وما زالت إلى يومنا هذا تشغل قدراً كبيراً من جهود الفيزيائيين وتحرّياتهم.

وعبر تاريخ البشرية الطويل نجد أن هناك مراحل مفصلية وركائز أساسية تصنع منطلقات لرؤى جديدة، وتطور المدارك والمفاهيم، وتساهم في اكتشاف السنن الكونية. ولقد تأمّل الفلاسفة اليونانيون القدامى في آفاق محيطهم ليخلصوا إلى أن الأرض تتكوّن من أربعة عناصر وهي: التراب والماء والنار والهواء. وجاء الفيلسوف الإغريقي **أرسطو** (ت ٣٢٢ ق.م) في مرحلة لاحقة ليضيف إلى هذه التركيبة عنصراً خامساً ظنّ أنه العنصر الذي تتكوّن منه السماء، وأطلق عليه اسم (الأثير).

أما (حركة الأجسام) في الطبيعة؛ فعلى الرغم من أنها ظاهرة قديمة قدم الكون نفسه، إلاّ أن الإنسان لم يتمكّن من اكتشاف القوانين التي تحكم هذه الحركة وتفسّر سلوكها إلاّ منذ ما يقارب الأربعة قرون فقط، وذلك بالرغم من جهود الفلاسفة والمفكرين على مدى قرون سابقة، ولكنها لم تؤت ثمارها كما ينبغي لأنها شغلت نفسها بأسئلة غير قادرة على توليد إمكانات الإجابات الصحيحة، فشغل الفلاسفة اليونانيون أنفسهم بالسؤال: (لماذا تظهر الحركة في الأجسام؟)، وكانت الإجابة من طبيعة السؤال؛ فانطلاقاً من مفهوم العناصر الأربعة التي تتكوّن منها الطبيعة، واستناداً إلى (الفلسفة العضوية) المبنية على (الغائية) حيث إن لكلّ شيء غاية، اعتقد **أرسطو** أن الأجسام تتحرّك باحثة عن مكانها (الطبيعي) في الكون؛ فالأجسام الثقيلة، التي تتكوّن أساساً من التراب والماء، تسقط نحو الأرض، وأما الأجسام الخفيفة، مثل الدخان والسحب، فإنها ترتفع إلى أعلى لأن مكانها (الطبيعي) هو السماء.

وانطلاقاً من تلك (الرؤية العضوية) فإن حركة الأجسام وفق تصوّر **أرسطو**، تنحصر في اتجاهين فقط: إما إلى أعلى وإما إلى أسفل، وتنجم خاصيّة السقوط والارتفاع عن خاصيّة الأجسام نفسها ولا علاقة لها بأيّ مؤثرات خارجية مثل الأرض أو غيرها، ولذا فإنها تهوي نحو الأرض بتناسب طردي مع وزنها، فلو ألقينا جسمين مختلفي الوزن من مكان عال، فإن الأثقل منهما يصل إلى الأرض قبل الأخف، وبسرعة تتناسب مع وزنه.

أما الأجرام السماوية فقد اعتقد **أرسطو** أنها محكومة بقوانين تختلف عن القوانين السارية على الأجسام الأرضية، فالأجرام السماوية في رأيه: هي أجسام مثالية تنتمي إلى عالم الكمال، ولذا فإن حركتها ينبغي أن تكون حركة دائرية؛ لأنها تتميّز بالكمال، وأما الأجسام الأرضية فإنها جزء من عالم قاصر غير كامل؛ ولذا فإنها تتحرّك في خطوط مستقيمة، فالخطّ المستقيم نمط من أنماط الحركة المحدودة، وهذا يليق بالعالم القاصر.

لقد كان للعلماء المسلمين اهتمامات واضحة بـ(علم الحركة) الذي أطلقوا عليه اسم (علم الحيل)، واشتملت جهودهم على تجارب مفيدة وملاحظات صائبة في طبيعة حركة الأجسام وصناعة الآلات المتحرّكة بنفسها أو بجهد يسير. وكان من أبرز العلماء المسلمين في هذا المجال **الحسن بن الهيثم** (ت ١٠٣٩م)، والشيخ الرئيس **ابن سينا** (ت ١٠٣٧م)، **وأبو الريحان البيروني** (ت ١٠٣٦)، **وهبة الله بن ملكا البغدادي** (ت ١١٥٦م).

التغيّر الجذري في الفكر البشري

إن التغيّر الجذري، الذي طرأ مع بزوغ (الثورة العلمية) في القرن السابع عشر الميلادي، انطلق من تغيير صيغة السؤال؛ فبدلاً من أن يكون فلسفياً (لماذا تتحرّك الأجسام؟)، فإنه تبنّى صيغة علمية دقيقة ليصبح (كيف تتحرّك الأجسام؟)، وبذلك

نهج منهجاً كمياً يعتمد على القياس والتجربة، وصياغة النتائج في قوانين رياضية منضبطة، ليُرسي بذلك القاعدة الصلدة لـ(المنهج العلمي) الذي استطاع - في أقلّ من أربعة قرون - أن يغيّر أنماط الحياة ومعالم الأرض، ويجوب آفاق السماء، ويتلمّس رحاب الكون.

إنه من الواضح أن السؤال العلمي (كيف؟) أكثر تواضعاً من السؤال الفلسفي (لماذا؟)؛ فبإمكان أيّ شخص أن يلجأ إلى ما يتوفّر لديه من أدوات قياس لإجراء تجارب على (الحركة) وغيرها من الظواهر الطبيعية، ومهما كانت هذه القياسات بدائية ومحدودة فإنها كفيلة بإعطاء بعض الإجابات - وإن كانت جزئية - عن كيفيّة تلك الظاهرة وبعض عناصرها المؤثرة.

كانت التجربة الأبرز في هذا المضمار من نصيب العالم الإيطالي **جاليليو جاليلي** (ت ١٦٤٢م) الذي استطاع أن يجتثّ (فيزياء **أرسطو**)، من جذورها على الرغم مما جابهه من صعاب ومعوّقات ليس أقلّها استعداء الكنيسة عليه، مما قاده في نهاية حياته إلى الإقامة الجبرية بحكم من الكنيسة التي وجدت في أعماله ونتائجه خروجاً صريحاً على المبادئ الكنسية.

لقد أجرى **جاليلي** تجربته الشهيرة المعروفة باسم (المستويات المائلة) لاكتشاف طبيعة (السقوط الذاتي الحر) للأجسام، فقد كانت الحقيقة المشاهدة أن الأجسام تسقط إلى أسفل عند إفلاتها من علوّ، وتزداد سرعتها مع الزمن، وتتناسب هذه السرعة طردياً مع كتلة الجسم. فالأجسام الثقيلة تكتسب سرعة أكبر من الأجسام الخفيفة أثناء سقوطها نحو الأرض. وكان تعليل **أرسطو** لتفسير تلك الظاهرة هو: أنه كلما زادت المادة (الترابية) في الجسم كان أكثر شوقاً للعودة إلى وضعه (الطبيعي) وبلوغ غايته على سطح الأرض!.

لم يرق ذلك التعليل الفلسفي **لجاليلي**؛ فانصرف إلى إجراء تجارب عمليّة للتأكد من كيفيّة (السقوط الذاتي) ووضْعه في إطار علمي دقيق، ولو أن **جاليلي** لجأ إلى إسقاط الأجسام رأسياً من منطقة عالية وقياس زمن سقوطها، لما تمكّن من الخلوص إلى نتيجة عمليّة بسبب قصر الزمن الذي يستغرقه الجسم في السقوط رأسياً، فعلى سبيل المثال لو أن **جاليلي** لجأ إلى أعلى مبنى في إيطاليا في ذلك العصر (برج بيزا)، وألقى بأجسام ثقيلة من ذلك الارتفاع لما استغرق زمن السقوط أكثر من أربع ثوان.

ولذا احتالت عبقرية **جاليلي** على تلك الصعوبة؛ فقام باستخدام كرات ثقيلة نسبياً متساوية في الحجم ومختلفة في الوزن وناعمة الملمس لتقليل أثر الاحتكاك، وقام بدحرجتها على مستويات ملساء مائلة تتغير زاوية ميلها مع الأفق من تجربة إلى أخرى وذلك لزيادة زمن السقوط، واستطاع بذلك قياس المسافات المقطوعة والأزمنة المستغرقة لزوايا متعدّدة للمستويات المائلة؛ ليُثبت بالحساب والقياس عدم اعتماد سقوط الأجسام إلى الأرض على طبيعة الجسم أو وزنه؛ فكلّ الأجسام تزداد سرعتها عند سقوطها بالقيمة نفسها؛ أيّ أن لها التسارع نفسه الذي حسبه **جاليلي** ليجد أنه يساوي (٩,٨ أمتار لكل ثانية).

لقد كان لتلك التجربة التاريخية دلالات عميقة على الصعيد المنهجي والفهم العلمي لطبيعة (الحركة)، وكانت مدخلاً لفهم وتفسير الظواهر الطبيعية المختلفة وفق (الفكر والتحليل الميكانيكي)، ومهّدت السبيل للروّاد العمالقة من بعده، وهذا ما حدا بالفيلسوف الألماني **إيمانويل كانط** ليعلق فقال: "عندما قام **جاليليو** بدحرجة كراته على مستوى مائل تفجّر نور جديد على كلّ الباحثين المهتمّين بدراسة الطبيعة".

يوحنا كبلر على الطريق

لقد أوقف الفلكي الألماني **يوحنا كبلر** حياته (ت ١٦٣٠م) على تحليل الكمية الهائلة من القياسات والملاحظات الفلكية التي قام بها أستاذه الفلكي الدنماركي **تايخو براها** (ت ١٦٠١م)، واستطاع في ضوئها أن يكتشف قواعد لحركة الأجرام السماوية، تمثّلت في ثلاثة قوانين رياضية تصف أفلاك هذه الأجرام وحركتها، وحدّدت أن الكواكب في المجموعة الشمسية تتحرّك في مدارات بيضاوية حول الشمس، وكان الأساس الوحيد الذي استند عليه **كبلر** هو ما توفّر لديه من قياسات فلكية، وبدون قانون عام يسمح باستنباطها، أو أيّ مبرر فيزيائي لتعليل تلك القوانين أو تفسيرها. أما بالنسبة للسبب الذي يجعل الكواكب تطوف حول الشمس في مدارات بيضاوية، فلم يكن لدى **كبلر** من حلٍّ أو تفسير سوى اللجوء إلى أن الكواكب تخضع لقوة جاذبة شبيهة بالمغناطيسية، وهي قوة في رأي **كبلر** تنبثق عن الشمس.

نيوتن في الساحة

لقد اهتمّ العالم البريطاني **إسحاق نيوتن** (ت ١٧٢٧م) بمحاولة فهم سبب سقوط الأجسام إلى الأرض، وأما قصّة تلك التفاحة الأسطورية التي زعموا أنها سقطت على رأسه فهي - بطبيعة الحال - بعيدة عن طبيعة العمل العلمي ودوافعه، على الرغم من أن **نيوتن** ذكر سقوط التفاحة كمثال لظاهرة الجاذبية التي استرعت انتباهه، وراح **نيوتن** في عام ١٦٦٥م يجمع كلّ المعلومات الموجودة في الساحة العلمية آنذاك عن حركة الأجسام وظاهرة (السقوط الحر)، فاطّلع على أعمال **جاليلي**، ومحّص

نتائج **كبلر**، ليقدّم للبشرية أكبر انطلاقة علمية في التاريخ، وذلك في كتابه (الأصول الرياضية للفلسفة الطبيعية) الذي نشره في عام ١٦٨٧م، والذي احتوى على نظرية **نيوتن** في الحركة والجاذبية عبر (قوانين الحركة الثلاثة) و(القانون العام للجاذبية الكونية).

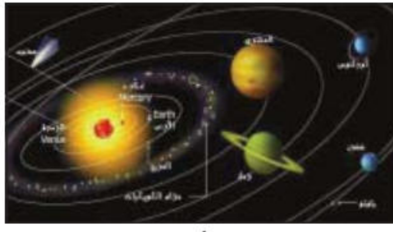
لقد أفلحت تلك القوانين في تفسير مظاهر (الحركة) في الكون؛ فالقفزة الكبرى التي حقّقها **نيوتن** أنه اخترق (المفهوم الأرسطي) الذي يميّز بين الحركة على الأرض، وحركة الأجرام السماوية ليُعلن أن قوانين الحركة واحدة في الكون بأسره، ولا يوجد تميّز لحركة الأجرام السماوية على الأجسام الأرضية، وقفز **نيوتن** بالفكر البشري من مجرّد المقولة: إن (الأجسام تسقط) إلى المقولة بأن (كلّ شيء في الكون يجذب كلّ شيء آخر).

لقد كان لتلك القفزة الكبرى دلالاتها العميقة على الأصعدة الفكرية والعلمية والتقنية، فوضع **نيوتن** بذلك أوّل (رؤية توحيدية) في العلوم الطبيعية حيث أصبح المسار العلمي المعتمد يهتمّ بتوحيد الظواهر الطبيعية، وإدخال أكبر عدد ممكن منها في إطار نظري موحّد لتخضع جميعها، مع اختلاف تأثيراتها وأشكالها، لعدد محدود من القوانين الجامعة. وهكذا أصبح هدف العلم النهائي هو إيجاد نظرية واحدة تصف الكون بأسره.

لقد اهتمّ **نيوتن** بتجميع ما تبعثر من الوقائع الجزئية؛ فتأمّل حال التفاحة التي سقطت أمام ناظريه، وتمعّن في كرات **جاليلي** التي تتدحرج إلى أسفل، وحلّل قوانين **كبلر** التي أفصحت عن دوران الكواكب في مدارات بيضاوية حول الشمس، وتدبّر في حركة القمر حول الأرض، ونظر في ظاهرة (المدّ والجزر) في البحار والمحيطات؛ وكلّها أمور تبدو متفرقة ومتباينة، ولكن **نيوتن** استطاع استقراء هذه الجزئيات ليخلص إلى حقيقة واحدة عامة تربط بين مجموعة هائلة من الظواهر الطبيعية على الأرض، وتهيمن على حركة الأجرام السماوية.

لا بدّ أن **نيوتن** قد تساءل في تقصّيه الرائع لظاهرة الجاذبية: (لماذا تسقط التفاحة إلى أسفل ولا ترتفع إلى أعلى؟، ولماذا تتسارع التفاحة بتسارع ثابت وهي تسقط متجهة نحو الأرض؟. لا بدّ أن هناك قوة تؤثر عليها وتجذبها نحو الأرض. ثم هل هناك علاقة بين القوة التي أثّرت على التفاحة، وبين القوة التي تؤثّر على القمر فتحفظه في مدار محدّد حول الأرض لا يمكنه الإفلات منه؟، وهل هناك من سبب يجعل الأرض هي الوحيدة في هذا الكون التي تتمتّع بخاصيّة الجاذبية؟. لماذا لا تكون هذه الخاصيّة مودعة في بقية الأجسام والأجرام في كون الله الفسيح؟، ولماذا لا تكون هذه الجاذبية هي المسؤولة عن حفظ الكواكب في أفلاكها حول الشمس. أما السؤال الكبير فهو لماذا لا تكون هذه الخاصيّة خاصيّة كونية تمتلكها كلّ الأجرام والأجسام بما في ذلك الكواكب والنجوم؟).

من تلك الرؤية الجامعة تمكّن **نيوتن** من الخلوص إلى (نظرية الجاذبية الكونية)، وبذلك استطاع، في إطار جامع لقانون الجاذبية مع قوانينه الثلاث للحركة، أن يصف في صيغة رياضية منضبطة كلّ الظواهر الكونية المرتبطة بحركة الأجسام الأرضية والأجرام السماوية، وأن يجعل من (قوانين **كبلر**) نتائج طبيعية لنظريته، وينصّ (القانون العام للجاذبية الكونية) على أن: "كلّ جرم في الكون يجذب كل جرم آخر بقوة تتناسب طردياً مع ناتج ضرب كتلتيهما، وتتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما".



● الأجرام تدور حول بعضها وفقاً للقانون العام للجاذبية الكونية.

ولذا فإن (القانون العام للجاذبية الكونية) يوصف بأنه (أكبر تعميم أنجزه الفكر البشري)، ومن هذا المنطلق عقّب العالم الفرنسي **بيير دو لابلاس** على هذا الأمر بقوله: "إن **نيوتن** كان محظوظاً مرّتين؛ المرّة الأولى لأنه كان يمتلك قدرة لاكتشاف أساس الكون الفيزيائي، والمرّة الثانية لأنه لا يمكن أن يكون له منافس أبداً نظراً لأنه لا يوجد إلاّ كون واحد يُمكن اكتشافه".

لماذا لا تسقط الأقمار الاصطناعية على الأرض

إن الأقمار الاصطناعية لا تسقط على الأرض لذات السبب الذي يجعل القمر الطبيعي يبقى في مداره، ويفرض على الكواكب أن تدور حول الشمس. ووفقاً لـ (القانون العام للجاذبية الكونية) فإن الأرض تجذب القمر الاصطناعي، ولكن يبقى السؤال: (لماذا لا يسقط القمر على الأرض تحت تأثير هذه الجاذبية؟)، والجواب بكلّ بساطة أن القمر الاصطناعي يسقط بالفعل نحو الأرض، ولكنه لا يصطدم بها!.

يمكن فهم هذه الحقيقة العلمية بالتأمّل في حركة أيّ قذيفة حيث نجد أنها تهوي نحو الأرض في مسار معيّن على شكل (قطع مكافئ) من أبرز ملامحه أنه يمتدّ أفقياً، ونجد أنه كلّما زادت سرعة إطلاق القذيفة، ازدادت تلك المسافة الأفقية قبل أن ترتطم القذيفة بالأرض.

يُمكننا ـ بطبيعة الحال ـ أن نتخيّل الوضع عندما تبلغ سرعة القذيفة مقداراً معيّناً يكون عندها انحناء مسار القذيفة مساوياً لانحناء سطح الأرض، فتستقرّ القذيفة حينئذ في مدار ثابت حول الأرض، وتبقى في مدّارها ذاك إذا أهملنا الاحتكاك بالهواء.

إن ذلك التوازن بين (قوة التجاذب) و(قوة الطّرد المركزية) الناتجة عن سرعة الجرم هو الذي يجعل القمر الاصطناعي يدور حول الأرض، كما أن هذا التوازن يجعل الأرض تطوف حول الشمس؛ فلو تحرّكت الأرض بسرعة أقلّ من سرعتها



● قمر اصطناعي.

الحالية لهوت نحو الشمس، ولو كانت قوة جاذبية الشمس أصغر مما هي عليه لانطلقت الأرض بخطٍّ مستقيم في الفضاء.

وهكذا نجد أنه يجب حساب (السرعة المناسبة) للقمر الاصطناعي عند وضعه في المدار المطلوب ليبقى في حركته حول الأرض، ومن المهم ـ أيضاً ـ أن يتمكّن القمر من تجاوز (الغلاف الجوي) للأرض الذي يحتوي على جسيمات تبطئ من سرعته بفعل (قوة الاحتكاك). ولذا كان من الضروري تطوير تقنيات صناعة الصواريخ لأن الصاروخ يستطيع النفاذ من الغلاف الجوي ووضعَ القمر في المدار المطلوب؛ نظراً لأنه لا يحتاج إلى وسط لحمله كما هو الحال مع الطائرات التي يحملُها الهواء.

تعتمد الصواريخ في حركتها على القانون الثالث لنيوتن الذي ينصّ على أنّ "لكلّ فعل ردّ فعل مساوٍ له في القوة ومعاكس له في الاتجاه"؛ فعندما تندفع غازات احتراق الوقود عبر نفاثات الصاروخ بقوة كبيرة ينشأ عنها (ردّ فعل) وهو حركة الصاروخ في اتجاه معاكس لانطلاق غازات الاحتراق.

آينشتاين في قلب الأحداث

لقد صمدت مفاهيم **نيوتن** ونظريته في الجاذبية حتى عام ١٩١٥م عندما تصدّى لها العالم الألماني **ألبرت آينشتاين** (ت ١٩٥٥م) في (النظرية النسبيّة العامة)، التي خلص فيها إلى أن وجود جسم ماديّ يؤدّي إلى حدوث تشوّه في (الزمان) و(المكان)؛ أيّ يؤدّي إلى انحناء في (الفضاء الزمكاني) ذي الأبعاد الأربعة المحيط بالجسم؛ فينزلق ما يجاور هذا الجسم انزلاقاً حوله، وتعتمد شدّة هذا الانحناء وعُمْقه على كتلة الجسم الماديّ، فكلما زادت الكتلة زاد هذا الانحناء حولها مما يأسر حركة الأجسام المجاورة لتنزلق على المسار الأسهل الذي تقتضيه طبيعة التحدّب أو الانحناء، وهذا التأثير هو الذي نطلق عليه اسم (الجاذبية).

تنطلق (النظرية النسبية العامة) من (مبدأ التكافؤ) الذي ينصّ على أن (تأثير الجاذبية مكافئ تماماً لتأثير التسارع)؛ فعلى سبيل المثال: لا يُمكن لشخص في مصعد قابع على الأرض أن يميّز بين هذه الحالة وبين حالته لو كان في مصعد آخر يتسارع في الفضاء بتسارع الجاذبية بمنأى عن أيّ قوى خارجية؛ ففي كلتا الحالتين تكون النتائج الفيزيائية واحدة؛ فلو أفلت الرجل في أيٍّ من المصعدين جسماً فإنه يسقط سقوطاً حراً بالتسارع المعهود إلى أرضية المصعد.

وهكذا نجد أن (قصّة الجاذبية) قد مرّت بقفزات كبرى؛ فتحولّت من مجرّد (سلوك طبيعي) يمتلكه الجسم ذاته لتحقيق غايته كما عند **أرسطو**، إلى قوة كونية تؤثّر عن بُعْد وتخضع لقانون **نيوتن** للجاذبية الكونية، لتصبح عند **آينشتاين** مجرّد خاصيّة هندسية من خصائص (الزمكان) الرباعي الأبعاد.

وفي الواقع: إن (النظرية النسبية العامة) معقّدة رياضياً، ولذا فإنها تتطلّب قاعدة رياضية صلبة للتعامل معها، ولكنها نظرية أثبتت نجاحها، حيث تنبأت ببعض الظواهر الطبيعية التي تأكّدت تجريبياً فيما بعد. ومن أبرز نتائجها: أن الجاذبية تؤثّر على الضوء بحرف مساره نحوها، مما يعني التنبؤ بانحناء الضوء عند مروره بالقرب من جرم ماديّ ضخم.

إنه من الصعوبة بمكان قياس هذه الظاهرة على الأرض؛ فعلى سبيل المثال لو أطلقنا شعاع ليزري في اتجاه الأفق، فإنه سينحرف نحو الأرض بحوالي سنتيمتر واحد بعد أن يقطع مسافة ستة آلاف وخمسمائة كيلومتر قبل أن ينطلق إلى الفضاء الرحب، ولكن التنبؤ بانجذاب الضوء إلى الأجسام المادّية أصبح حقيقة علمية عندما تمكّن الفلكي البريطاني **آرثر إدنجتون** من قياس انحراف الضوء القادم من أحد النجوم عند مروره بالقرب من الشمس وذلك خلال دراسته لكسوف كلّي للشمس في غرب أفريقيا في عام ١٩١٩ م.

ولا تزال (قصّة الجاذبية) تشغل أذهان مجموعة من أفضل العقول الفيزيائية في العالم، وما زالت الأعمال النظرية والجهود التجريبية حثيثة في مضمار فهم (ظاهرة الجاذبية)، وسبر ماهيتها، وقياس آثارها، ومحاولات ربطها بـ(نظرية الكم) و(القوى الأساسية) الأخرى، ولكننا لحسن الحظ لا نحتاج إلى أكثر من قوانين **نيوتن** الثلاثة للحركة وقانونه للجاذبية الكونية لمعرفة تفاصيل حركة الأجسام الأرضية أو حساب مسارات المركبات الفضائية، وتحديد مواقعها وأهدافها وحركتها بدقة وانضباط.

ومن طريف ما يُذكر أنه عندما سألت قيادة التحكّم الأرضي في وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) رائد الفضاء **ويليام أندرز**، الذي كان على متن سفينة الفضاء (أبولو ٨) عام ١٩٦٨م، عن اسم الشخص، الذي كان يقود المركبة، أجاب: (إنني اعتقد أن **إسحاق نيوتن** هو الذي يتولّى الآن معظم عملية القيادة).

المراجع:

أولاً: **المراجع العربية:**

١) **عمر فروخ**: تاريخ العلوم عند العرب، دار العلم للملايين، بيروت، ١٩٧٧م.

٢) **محمد عبد الرحمن مرحبا**: آينشتاين والنظرية النسبية، دار القلم، بيروت، الطبعة الثامنة، ١٩٨١م.

٣) **خضر محمد الشيباني**: الفيزياء للأدباء، الدار السعودية للنشر والتوزيع، جدة، الطبعة الثانية، ٢٠٠٢م.

ثانياً: **المراجع الإنجليزية:**

1)**Hugh Kearney:** Science and Change 1500-1700, World University Library, London, 1971.

2) **Nigel Calder:** Einsteins Universe, Penguin Books, England, 1979.

3) **Lloyd W.Taylor:** Physics:The Pioneer Science, Vol.1, Dover Publications, New York, 1959.

4) **Stephen W.Hawking,** A Brief History of Time, Bantam Press, London, 1988.



الملاحة الفضائية

د. عبدالعزيز الصقير

منذ قدم التاريخ والإنسان يريد معرفة موقعه الحالي واتجاهه، وكيف يصل إلى وجهته، ففي العصور الأولى اعتمد الإنسان في تنقله على تذكر العلامات البارزة كنقاط مرجعية للاستدلال، كأكوام الحجارة أو المعالم الطبيعية كالجبال والأنهار. قد تنجح هذه الوسيلة على نطاق ضيق فقط؛ لذا لم يستطع الإنسان الابتعاد كثيراً عن موطنه بهذا الأسلوب.

ازدادت المعضلة سوءً عندما أراد الإنسان خوض عباب البحر، وذلك لانعدام العلامات البارزة هناك، لذا اقتصر على الإبحار بمحاذاة السواحل وفي النهار، ثم بدأ بعد ذلك الاستدلال بالنجوم مساءً، حيث تختلف تشكيلة النجوم باختلاف الموقع. ثم استخدام أجهزة تقيس بدقة الزوايا بين النجوم، وبها استطاع الإنسان أن يقيس الموقع بدقة تصل إلى بضعة كيلومترات، غير أن هذه الوسيلة قيدت الملاحة لتكون في المساء وعندما تكون السماء صافية، ثم استخدمت البوصلة فيما بعد لتحديد الاتجاه في البر والبحر، ثم استخدمت آلة السُدسيّة (Sextant) لتحديد خط العرض.

وفي منتصف القرن الماضي استخدمت الإشارات اللاسلكية (إشارات الراديو) في تحديد المواقع، ووصلت دقة تحديد الموقع، بهذا النظام إلى ٣٠٠ متر. وقد استخدمت هذه الطريقة بكثرة خلال الحرب العالمية الثانية، فقد خصص نظام لوران(LORAN) الأمريكي لتحديد مواقع السفن الحربية في البحار. ولمحدودية عدد المحطات الممكن إنشاؤها في العالم فقد غطى هذا النظام حوالي ٥٪ فقط من مساحة الأرض، كما أن دقة تحديد الموقع تتغير باختلاف المكان.

تلا ذلك استخدام طريقة التثليث (Trilateraltion) ـ يتم تفصيلها لاحقاً ـ لتحديد الموقع، والتي تعتمد على قياس المسافة، ويتألف الجزء الأول منها من ثلاث محطات إرسال على الأقل. ترسل كل محطة إشارة تحمل موقعها ووقت إرسالها، ويجب أن تكون الساعات في جميع المحطات متزامنة مع بعضها بدقة، لأن دقة تحديد الموقع تعتمد على دقة ساعات المحطات، فخطأ في قياس الزمن بواحد من المليون من الثانية يعطي خطأً في تحديد الموقع بحوالي ٣٠٠ متر.

يتكون الجزء الثاني من النظام من أجهزة تستقبل إشارات المحطات. تقوم هذه الأجهزة بتقدير موقعه، وذلك بحساب المسافة بينه وبين تلك المحطات. ومن معرفة هذه المسافات يمكن تحديد موقع الجهاز بالنسبة للمحطات الثلاث. تُحسب المسافة بين الجهاز وكل محطة بتحديد الزمن الذي استغرقته هذه الإشارات للوصول إلى الجهاز باستخدام المعادلة التالية:

المسافة = السرعة × الزمن

حيث إن السرعة هي سرعة الضوء وتساوي ٣٠٠٠٠٠ كم/ ثانية.

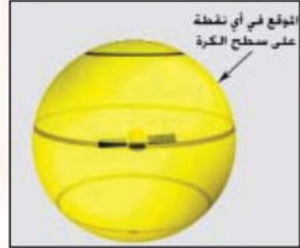
تعتمد مساحة المناطق التي تخدمها مثل هذه الأنظمة الأرضية على عدد محطات الإرسال الموجودة. ولكن نظراً لصعوبة إنشاء محطات إرسال في المناطق النائية والمحيطات، فإنه يصعب خدمة هذه المناطق مع أنها بأمس الحاجة لتحديد المواقع فيها. ومع أنه لا يمكن استخدام هذه الأنظمة لتحديد الارتفاع في موقع ما وكذلك للتغطية العالمية، إلا أنه يمكن استخدامها في تحديد المواقع بدقة معقولة.

نظام الملاحة الفضائي

أدرك العلماء ـ بعد إطلاق أول قمر اصطناعي ـ أن الإشارة المرسلة من القمر يمكن استخدامها لتحديد المواقع، وذلك لأن القمر معروف مكانه بدقة في أي وقت. وبالتالي فإن أقمار الملاحة الفضائية تقوم بدور المحطات الأرضية في المثال السابق، إذ يعرف موقع كل منها في الفضاء بدقة تامة منذ لحظة إرسال الإشارة. ومع أن هذه الأقمار تسبح في الفضاء وليست ثابتة، إلا أن موقعها معروف على الدوام، لذا فإن دورانها حول الأرض لن يؤثر على عملية تحديد الموقع على الأرض.

تحدد أجهزة تحديد المواقع الأرضية موقعها بالاستفادة من إشارات أقمار الملاحة . ويتطلب ذلك وجود جهاز تحديد المواقع في مكان يستقبل إشارات مباشرة لأن إشارات الأقمار ضعيفة لاتخترق العوائق الطبيعية أو الاصطناعية. لذا لا تستطيع هذه الأجهزة حساب الموقع داخل المباني والأنفاق وتحت الجسور، وللتغلب على ذلك يمكن استخدام طريقة التثليث التي تحتاج إلى معرفة موقع أربعة أقمار أو أكثر في الفضاء ، والمسافة بين جهاز تحديد المواقع وكل قمر. ولحساب موقع القمر تقوم محطات أرضية برصد كل قمر وتحديد مايعرف بعوامله المدارية (Orbital Elements) والتي يمكن بواسطتها حساب موقعه في الفضاء كل لحظة ، حيث ترسل محطات التحكم هذه البيانات للقمر ليقوم بإرسالها للأرض كجزء من الإشارة المرسلة ويستقبلها الجهاز ويحسب منها موقع القمر عن طريق معرفة مدة وصول الإشارة بتزامن إشارة رقمية خاصة بين القمر والجهاز، حيث يولد القمر شفرة خاصة ويرسلها كجزء من إشارته التي يستقبلها جهاز تحديد المواقع، ويولد الجهاز نفس الشفرة المعروفة لديه مسبقا. وبمقارنة تزامن هاتين النسختين من نفس الشفرة يحسب الجهاز الفرق الزمني بينهما الذي يساوي المدة التي استغرقتها إشارة القمر .

بعد معرفة الجهاز لمواقع عدة أقمار استقبل إشاراتها والمسافة بينه وبينها، يمكنه تطبيق طريقة التثليث لحساب موقعه



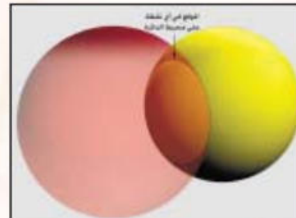
● شكل (١) يقع الجهاز على سطح كرة بمسافة محددة من القمر.

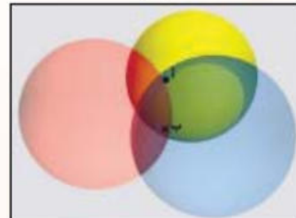
وذلك بحساب موقع أربعة أقمار (على الأقل) والمسافة بينه وبين كل منها، وذلك على النحو التالي:

١ـ من القمر الأول يحدد الجهاز موقعه من نقطة معروفة الموقع. أي أنه يقع في مكان ما على كرة مركزها موقع القمر ونصف قطرها يساوي المسافة بينهما، شكل (١).

٢ـ من إشارة القمر الثاني يحدد الجهاز أنه يقع على كرة ثانية (الكرة الحمراء) يساوي نصف قطرها المسافة بينه وبين القمر الثاني ومركزها موقع القمر الثاني. وبما أن الجهاز يجب أن يقع على سطح الكرتين معا فإن هذا لايحدث إلا في تقاطع تلك الكرتين (الدائرة البرتقالية) كما هو موضح بالشكل (٢).

٣ـ من إشارة القمر الثالث (الكرة الزرقاء) يحدد الجهاز موقعه في تقاطع الكرات الثلاث، أي على إحدى النقطتين (أ) أو (ب)، شكل (٣).


● شكل (٢) الجهاز يقع في دائرة التقاء الكرتين.



● شكل (١) الجهاز يقع على إحدى النقطتين (أ) أو (ب).

٤ـ تقع إحدى النقطتين خارج الكرة الأرضية، ولذا يمكن تحديد خطي الطول والعرض من إشارات ثلاثة أقمار فقط. أما القمر الرابع فيفيد في تحديد الارتفاع عن سطح الأرض وتحسين دقة تحديد الموقع. ولأن ساعات أجهزة تحديد المواقع ليست بدقة ساعات القمر، فإن هذه الأجهزة تستفيد من إشارة القمر الرابع في تحسين دقة ساعتها.

تاريخ الملاحة الفضائية

بدأت الملاحة الفضائية عندما أطلقت البحرية الأمريكية أول أقمار النظام الملاحي ترانزت (Transit) في عام ١٩٦٠م، حيث استخدمته السفن والغواصات وحاملات الطائرات لتحديد مواقعها. كان هذا النظام يتكون من ستة أقمار تدور في مدار قطبي على ارتفاع ٨٥٠ كم وثلاث محطات تحكم أرضية، حيث وصلت الدقة ما بين ٨٠ إلى ١٠٠ متر، ولكن هذه الدقة تتحسن أكثر لتصل إلى ٥ م عند تكرار حساب الموقع لأكثر من مرة على عدة أيام، أي أن هذه الدقة العالية لا تتوفر للعربات والسفن المتحركة.

انتهى العمل بهذا النظام عام ١٩٩٦م، وتولدت عنه منظومة أقمار الملاحة المتطورة نافستار (NAVSTAR) والتي أطلق أولها في عام ١٩٧٨م، وقد عُرف هذا النظام فيما بعد بنظام تحديد المواقع العالمي (Global Positioning System- GPS).

تطبيقات أنظمة الملاحة الفضائية

بعد نجاح أقمار الملاحة في تحديد المواقع ظهرت استخدامات عديدة لم ترد في خلد مصممي النظام، فقد بدأ الاستخدام المدني لأنظمة الملاحة الفضائية مثل (G P S) مع بداية حرب الخليج الثانية، ثم انتشر بوتيرة متسارعة، وأصبح باستطاعة أي شخص في أي مكان بالعالم وتحت أي ظروف جوية معرفة موقعه بدقة عن طريق تحديد خط الطول والعرض والارتفاع، وكذلك تحديد الوقت بدقة شديدة؛ وذلك باستخدام جهاز صغير ورخيص وسهل الاستعمال. تعددت استخدامات هذه الأنظمة في اليابسة والبحر والجو وحتى الفضاء، وسوف تزداد تطبيقاته في المستقبل لتشمل المساعدة في هبوط الطائرات في الأحوال الجوية السيئة وفي سيارات النقل والركاب، وتطبيقات أخرى عديدة. أهمها ما يلي:



● المساحة ونظام المعلومات الجغرافي

يعد نظام المعلومات الجغرافي (Geographic Information System - GIS) أهم تطبيق للملاحة الفضائية، وهو عبارة عن قاعدة بيانات لوصف مكان ما على الأرض. حيث تُحدد أقمار الملاحة موقع هذا المكان ـ خطي الطول والعرض ـ بينما يحدد نظام المعلومات الجغرافي ماهية هذا المكان: شارع، منزل، وادي، شجرة.. إلخ. لذا فإن مزج النظامين ينشأ عنه نظام يساعد في تحديد وتحليل وتنظيم المصادر بصورة أفضل.

تستخدم الأجهزة الملاحية لمسح الأرض وتسجيل موقع المعالم ونقاط التحكم الأرضية بدقة. وقد تم وضع خرائط دقيقة للمدن والجبال والأودية والأنهار كان لها الأثر الكبير في النشاطات العمرانية والاقتصادية والبشرية والبيئية. ويمكن استخدام هذه الأنظمة في عمليات المسح البسيطة مثل تعيين حدود الأملاك، حيث يستطيع شخص مسح عشرات النقاط في الساعة، كما يمكن استخدام السيارات لمسح مناطق كبيرة بسرعة مثل مسح الطرق.

تم تطبيق نظام المعلومات الجغرافي خلال حفر القناة الإنجليزية، حيث بدأ الإنجليز والفرنسيون الحفر من الاتجاهين معتمدين في ذلك على نظام (GPS) لمعرفة الموقع فوق مكان الحفر للتأكد من موقعهم داخل النفق، وقد التقى الفريقان في المنتصف تماماً.

● المواصلات وتعقب المركبات

تمثل وسائل المواصلات البرية والبحرية أهم النشاطات المستفيدة من الملاحة الفضائية. حيث يمكن للمركبات والشاحنات والحافلات والسفن وحتى السيارات الخاصة معرفة موقعها واتجاهها وطريق الوصول إلى وجهتها.

تُستخدم أقمار الملاحة في تعقب المركبات والسفن والحاويات والقطارات، حيث تحمل المركبات جهاز تحديد المواقع وتحسب موقعها وترسله عبر شبكة لاسلكية أرضية أو عبر أقمار الاتصالات إلى مراكز إدارة هذه الأساطيل. وبذلك تتمكن هذه المراكز من الاستفادة من كل الموارد والاستجابة السريعة العالية الكفاءة للظروف الطارئة سواء كانت سيارات إسعاف، أو أسطول بحري، أو شبكة قطارات. كما يمكن لمراكز قيادة النقل التحكم في خط سير المركبات لتحديد أقصر الطرق وأقلها ازدحاماً أو خطراً.

تتكون شبكات القطارات من خطوط طويلة ذات مسار واحد، لذا فإن معرفة مواقع القطارات بدقة ستساهم في تقليل حوادث الاصطدام وتقليل زمن التأخير الناجم عن انتظار القطارات المعاكسة.

كما تساعد الملاحة الفضائية في التحكم في توجيه السفن وناقلات النفط عند الموانئ والمضائق، حيث تُلزم الكثير من الدول السفن باستخدام أنظمة الملاحة الفضائية لتوجيه السفن وتقليل مخاطر الاصطدام والتلوث البحري.

● الملاحة الجوية

تعد أقمار الملاحة حجر الأساس في الملاحة الجوية وإدارة المجال الجوي، (Air Traffic Control) فهي توفر إمكانيات أفضل من الأنظمة الأرضية، حيث يمكن إرشاد الطائرات في الجو لاتخاذ مسارات طيران أقصر، وتفادي الحوادث عند الهبوط والإقلاع. كما تساعد أقمار الملاحة في إرشاد الطائرات والمروحيات إلى مكان الهبوط، حيث تهبط الطائرة في منتصف ممر الهبوط بسهولة، ويتمكن مديرو العمليات في المطارات من إرشاد الطائرات وعربات الخدمة داخل المطار بدقة. كما ساعدت هذه الأنظمة الملاحية الطائرات الصغيرة على الهبوط في مدرجات المناطق النائية خصوصا في الظلام.

تقدم أقمار الملاحة مستوى أمان عالي، كما تساهم في زيادة سعة المجال الجوي، وتقليل زمن الرحلة، وتخفيض استهلاك الوقود والتكلفة، خصوصا في المطارات المزدحمة. إضافة إلى أنها تساهم في تقليل بعض مشاكل الطيران مثل تأخير الرحلات أو إلغائها وتحويل مسار الطائرات.

● التطبيقات العسكرية

تستفيد جميع العمليات العسكرية وأنظمة الأسلحة من أنظمة الملاحة الفضائية، حيث تعد أنظمة الملاحة الرئيسية في الطائرات والقاذفات والدبابات والغواصات والسفن، وحتى المشاة (معرفة الموقع والاتجاه والسرعة). كما توجه الصواريخ العابرة للقارات والصواريخ الذكية إلى أهدافها بواسطة أقمار الملاحة، حيث يستقبل الصاروخ إشارات أقمار الملاحة ويحدد موقعه ويحسب المسار إلى الهدف.

● تحديد الزمن

استخدمت أقمار الملاحة في تحديد الوقت بدقة كبيرة، فبواسطتها يمكن ضبط ساعات العالم على ساعات الأقمار، وذلك لأن أقمار الملاحة تحمل ساعات ذرية دقيقة جداً ترسل للأرض توقيتها كجزء من إشارات القمر. تضبط أجهزة الاستقبال ساعاتها على ساعة القمر ,لأن دقة ساعة الجهاز هي نفس دقة الساعة الذرية، والتي قد تصل إلى واحد من ١٥٠ بليون من الثانية. وتعد هذه الدقة في الزمن مفيدة للفلكيين وشبكات الحاسب الآلي وأنظمة الاتصالات ومحطات الإذاعة والتلفزيون والبنوك، حيث يوضع جهاز في هذه المنشآت لاستقبال إشارة أقمار الملاحة لا لتحديد الموقع، بل لتحديد الزمن.

● تطبيقات أخرى

هناك العديد من استخدامات الملاحة الفضائية الأخرى التي تشمل جميع الأنشطة البشرية تقريبا منها:

١ـ تحديد موقع الكعبة المشرفة بدقة، وبالتالي يمكن تحديد اتجاه القبلة بدقة في أي مكان في العالم.

٢ـ التحكم في توزيع الأسمدة والمبيدات وحرث وحصاد الحقول للحصول على إنتاج أعلى بتكلفة أقل، واستخدام أفضل للموارد الطبيعية، وتقليل استخدام المبيدات والأسمدة للحفاظ على البيئة.

٣ـ مسح مناطق الموارد المعدنية والنفطية لإدارتها بشكل أفضل. وتعد شركات التنقيب عن النفط من أكثر النشاطات الاقتصادية اعتمادا على الملاحة الفضائية وخصوصا في اكتشاف وإدارة حقول النفط البحرية لانعدام العلامات المميزة لأماكن البحث والحفر.



٤ـ مراقبة الحيوانات البرية والبحرية، حيث تم وضع أجهزة تحديد الموقع وأجهزة إرسال صغيرة على سلاحف معرضة للانقراض لمتابعتها.

٥ـ مراقبة ثقوب طبقة الأوزون.

٦ـ مراقبة البقع النفطية، و التصحر والظواهر الطبيعية الأخرى وتغيرها مع الزمن.

٧ـ معرفة المناطق المنكوبة وموقع فرق الإنقاذ لأداء أفضل واستجابة أسرع في حالة تدمير أو اختفاء العلامات الأرضية مثل الطرق والمباني. وبذلك تستطيع سيارات الإسعاف أو المطافئ الوصول إلى موقع الحدث بسرعة بمساعدة الملاحة الفضائية. كما يمكن لطائرات تحمل أنظمة ملاحة فضائية تحديد موقع الكارثة وحدودها بدقة وتحديد أفضل طريق يمكن لفرق الإنقاذ سلوكه، وتحديد طريقة الإنقاذ والموارد المطلوبة.

كما تعتمد عمليات البحث والإنقاذ على وجود أجهزة استغاثة تحمل أجهزة تحديد المواقع ترسل موقعها مع نداء الاستغاثة لكي تتمكن فرق الإنقاذ من قراءة موقع الاستغاثة والوصول إليه بسرعة.

٨ـ تعقب الأقمار الاصطناعية والمركبات الفضائية القريبة من الأرض، حيث يعد النظام هو نظام الملاحة الرئيسي في المكوك الفضائي.

٩ـ معرفة وتحديد مواقع المتنزهون والبحارة واتجاههم وسرعتهم ومسار رحلتهم إلى وجهتهم، وكذلك طريق العودة، كما تستطيع مراكب الصيد البحري التعرف على أماكن الصيد وتعقب هجرة الأسماك.

١٠ـ تمكين فنيو الصيانة من معرفة موقع العطل حتى لو كان تحت الأرض، مثل أنابيب المياه وشبكات الكهرباء والاتصالات، حيث تجوب عربات لصيانة الطرق الشوارع والطرق البرية المجهزة بكامرات تصوير

وتمسح الطريق لتحديد الأماكن التي تحتاج لصيانة، بينما تسجل أجهزة تحديد المواقع خطي الطول والعرض للموقع.

١١ـ حرس الحدود وخفر السواحل.

١٢ـ تحديد مواقع الشبكات الأرضية والهوائيات.

١٣ـ قياس تحركات القشرة الأرضية قرب الصدوع الجيولوجية.

مصادر الأخطاء في تحديد الموقع

بالرغم من أن أنظمة الملاحة الفضائية صممت لتحدد الموقع بدقة عالية، إلا أنه لا يزال هناك عوامل عديدة تساهم في زيادة الخطأ في الموقع عن المسافة المتوقعة، فقد يصل مجموع الخطأ من كل العوامل إلى مئات الأمتار في بعض الأحيان.

الجدير بالذكر أنه يمكن تقليل أخطاء بعض العوامل ولكن يصعب التغلب على أخرى، ومن أهم عوامل الأخطاء ما يلي:

● حالة الغلاف الجوي

تتسبب طبقتا الأيونسفير والتربوسفير في انحراف الإشارات الكهرومغناطيسية، مما يؤدي إلى تغيير سرعة الإشارة، وبالتالي تغير الزمن الذي قطعته للوصول إلى جهاز الاستقبال، وهذا يؤدي إلى خطأ في حساب المسافة بين الجهاز والقمر.

تعمل الجزيئات المتأينة في طبقة الأيونسفير على تغيير سرعة الإشارة، ونظراً لأنه من الصعب توقع حالة الأيونسفير وسمكها فإنه من الصعب أخذ تأثيرها في الحسبان. إضافة إلى ذلك فإن بخار الماء في طبقة التربوسفير القريبة من سطح الأرض له تأثير مماثل لطبقة الأيونسفير، ولكن بصورة أقل. يصل الخطأ الناجم عن تأثير الغلاف الجوي إلى ٣٠ متراً ويزداد في المناطق الاستوائية.

وتُعد حالة الغلاف الجوي أكبر عوامل الخطأ في تحديد الموقع، ويمكن تقليل تأثيرها بالاستفادة من الخاصية الفيزيائية، وهي أن إشارتين بترددين مختلفين تتغير سرعتهما عند اختراق طبقة الأيونسفير بمعدل يتناسب مع مربع التردد. لذا عندما يستقبل الجهاز إشارتين بترددين مختلفين من قمر واحد فإنه يمكن تقدير تغير سرعة الإشارة بواسطة أجهزة أرضية ثنائية التردد، وهي متوفرة في نظام (GPS).

● أخطاء المدار

يتغير مسار القمر قليلا عما هو متوقع بسبب ظواهر طبيعية، وبما أن تحديد الموقع يعتمد على معرفة موقع القمر، فإن التغيرات البسيطة في موقع القمر تؤدي إلى أخطاء في حساب الموقع، تتراوح ما بين متر إلى خمسة أمتار. وللتغلب على هذه المشكلة تراقب محطات التعقب الأقمار بصفة دورية ويحسب مدارها بدقة.

● أخطاء الساعة

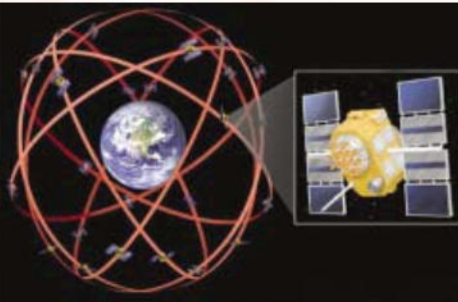
يعتمد حساب الموقع على دقة ساعات الأقمار والجهاز الأرضي، حيث تحمل الأقمار ساعات ذرية فائقة الدقة يمكن مراقبتها دورياً. ولكن تكمن المشكلة في ساعة الجهاز الأرضي التي تتفاوت دقتها ليصل خطأ تحديد الموقع من جراء ذلك إلى حوالي ١,٥ متر.

● التشويش

تتعرض إشارات أقمار الملاحة ـ مثل غيرها من الأقمار الاصطناعية ـ للتشويش والتداخل التي تسبب العديد من الأخطاء. وهي من الأخطاء التي يصعب التعامل معها لوجود العشرات من مصادر التشويش الأرضية غير المتعمدة مثل: أجهزة الاتصالات، وأفران الميكروويف. يتراوح الخطأ ـ عموما ـ بين صفر وعشرة أمتار. تُجرى العديد من الأبحاث لتقليل تأثير التشويش والتداخل العرضي والمقصود ،كما تُسن العديد من القوانين لتقليل احتمال حدوثها.

● المسار المتعدد

عند وصول إشارة القمر للأرض فإنها تنعكس من بعض الأجسام والأسطح مثل المباني والجبال، فيصل إلى جهاز الاستقبال إشارة من القمر مباشرة مصحوبةً بنسخ عديدة من هذه الإشارة المنعكسة من أسطح قريبة، فيما يُعرف بالمسار المتعدد (Multipath)، وهذا الخطأ ـ يتراوح بين صفر ومتر واحد ـ يصعب تصحيحه.



يزداد تأثير هذا العامل داخل المدن ذات المباني المرتفعة.

● الأخطاء المتعمدة:

الأخطاء المتعمدة هي أخطاء مقصودة لتقليل دقة تحديد الموقع لمنع الآخرين من الاستفادة القصوى من إمكانيات النظام، وهي أخطاء عشوائية تضاف إلى إشارة القمر مثل أخطاء في الساعة أو معلومات المدار. قامت وزارة الدفاع الأمريكية بإضافة هذه الأخطاء (Selective Availability) على نظام (GPS) حتى تم إلغاءها بقرار رئاسي عام ٢٠٠٠م، وقد كان الخطأ الناتج حوالي ١٠٠ متر.

● توزيع الأقمار

يعمل توزيع وموقع الأقمار إما إلى زيادة أخطاء العوامل السابقة أو التقليل منها. ومن الجدير بالذكر أن دقة النظام تتحسن عندما تكون الزوايا بين الأقمار كبيرة أي موزعة في السماء بالنسبة لجهاز الاستقبال، فعندما تكون الأقمار موزعة في الفضاء تكون الدقة أفضل بثلاث مرات عنها عندما تكون متقاربة.

نظام (GPS)

نظام (GPS) الأمريكي: هو أول نظام ملاحي متطور يعتمد على الأقمار الاصطناعية، ويتكون حاليا من ٢٤ قمراً. تم تطوير النظام بواسطة وزارة الدفاع الأمريكية لاستخدامه في الأغراض العسكرية، ولكن خلال السنوات التي أعقبت حرب الخليج الثانية اتضحت أهميته في الاستخدامات المدنية، وبالتالي سُمح للمدنيين بالاستفادة منه.

يتميز النظام بالدقة والمرونة ورخص الأجهزة المستخدمة وسهولة استخدامها وحملها، وقد بدأ إطلاق الجيل الثاني (Block II) من النظام منذ عام ١٩٨٩م، حيث تم إطلاق ٢٤ قمراً. كما تم إطلاق ٦ أقمار من (Block II R) خلال الفترة مابين ١٩٩٦-٢٠٠١م من مجموع ٢٠ قمر تم تصنيعها، وتمت جدولة إطلاق آخرها في ٢٠٠٩م، وسوف يبدأ إطلاق أقمار الجيل الثالث (Block III) في عام ٢٠٠٩م، وستكون طاقة الإشارة أقوى من سابقاتها بعشر مرات، مما يجعل التشويش عليها صعباً.

● أجزاء النظام

يتكون نظام الـ (GPS) من ثلاثة أجزاء، هي:

* **الجزء الفضائي:** وهو عبارة عن ٢٤ قمراً موزعة على ستة مستويات مدارية وتدور في مدار دائري على ارتفاع ٢٠٢٠٠ كم وفترة مدارية ١٢ ساعة. وقد اختيرت زاوية الميل لتكون ٥٥ درجة، وذلك لتغطية المناطق القطبية. وقد صممت المدارات بحيث يمكن رؤية ٤ أقمار على الأقل في أي مكان وزمان.

يحتوي كل قمر - يزن ٢٠٠٠ كجم - على ٤ ساعات ذرية، هي ساعتا روبديوم (Rubidium) تصل درجة ثباتها إلى ثانية كل ٣٠٠ ألف سنة. وساعتا سيزيوم (Cesium) تصل درجة ثباتها إلى ثانية كل ١٦٠ ألف سنة. وتصل الدقة في تحديد الموقع إلى ١٦ متراً. أما دقة تحديد السرعة فتصل إلى أقل من نصف كيلومتر في الساعة، بينما تصل دقة تحديد الزمن إلى جزء من مائة مليون من الثانية.

* **نظام التحكم:** ويقوم بتشغيله سلاح الجو الأمريكي من خلال محطة تحكم رئيسية في ولاية كلورادو، وثلاث محطات تحكم وخمس محطات مراقبة موزعة حول العالم. تقوم هذه المحطات بمراقبة الأقمار ورصد مداراتها بدقة والتأكد من الساعات الذرية. كما ترصد هذه المحطات الغلاف الجوي وترسل معلومات عن مواقع الأقمار المتوقعة حتى الرصد المقبل. الجدير بالذكر أن موقع هذه المحطات معروف بدقة شديدة (تصل إلى أقل من ١٠ سم)، وهذا مهم في قراءة وتصحيح بيانات الأقمار.

* **مستخدمو النظام:** ويتكون من جهاز الاستقبال الذي يحتوي على معالج رقمي. يقوم المعالج الرقمي بتحديد هوية الأقمار التي يستطيع استقبال إشاراتها (٨-١٢ قمر) من خلال تحليل شفرة كل منها، ومن ثم يقوم بالعمليات الحسابية اللازمة. وتخزين معلومات المدار لكل قمر.



● أنواع الأجهزة

يستخدم الملاحون أجهزة معقدة ومتعددة القنوات لاستقبال معلومات الزمن والموقع من عدة أقمار في الوقت نفسه. تحدد هذه الأجهزة موقع القمر بدقة عالية ولمرات عديدة في الثانية.

وبما أن أجهزة (GPS) تستقبل - فقط - المعلومات من الأقمار فإن النظام يستطيع خدمة عدد غير محدود من المستخدمين. ويوجد حالياً ملايين الأجهزة تستخدم عسكرياً ومدنياً. وهناك ثلاثة أنواع من أجهزة (GPS) تباع في الأسواق، يوفر كل منها مستوى معين من الدقة، ولكل نوع متطلبات معينة للوصول إلى تلك المستويات، وهي كما يلي:

* **الأجهزة العادية** (Coarse Acquisition Code Code Receiver-C/A): وهي الأكثر شيوعاً على مستوى العالم، حيث تصل دقتها مع استخدام التصحيح التفاضلي إلى ١-٥ أمتار. وتعد هذه الدقة كافية للكثير من الاستخدامات. تحسب هذه الأجهزة الموقع بسرعة (حوالي ثانية واحدة) وتتحسن دقة الموقع بعد حوالي ثلاث دقائق إلى ١-٣ متر. توجد حاليا أجيال متقدمة من هذه الأجهزة تصل دقتها إلى ٣٠ سم.

* **أجهزة استقبال الطور** (Carrier Phase Receiver): وتقوم بحساب المسافة بينها وبين القمر بعَدِّ الموجات الحاملة لإشارة (C/A Code). تحدد هذه الأجهزة الموقع بدقة تتراوح ما بين ١٠ إلى ٣٠ سم مع استخدام التصحيح التفاضلي، لكنها تستغرق زمنا طويلاً (١٥-٤٠ دقيقة). كما تتطلب هذه الطريقة استمرار استقبال الإشارات من نفس الأقمار طوال تلك المدة، وهو أمر ليس ممكناً دائماً، بسبب حركة الأقمار الدائمة واحتمال اختفاء بعضها خلف الأفق وظهور أخرى جديدة. لذا تستطيع هذه الأجهزة الوصول إلى دقة عالية لكن القليل فقط من التطبيقات تستطيع الاستفادة من هذه الدقة.

* **الأجهزة ثنائية التردد** (Dual-Frequency Receiver): وتتمثل مهمتها بتقليل تأثير الخطأ الناجم عن استقبال إشارتين من القمر نفسه التي تحدث - عادة - نتيجة لتغيرات الغلاف الجوي، إذ يمكنها الوصول إلى دقة تصل إلى سنتيمتر واحد مع استخدام التصحيح التفاضلي.

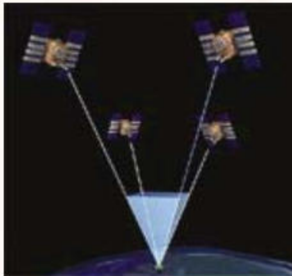
● إشارة (GPS)

تعمل كل أقمار (GPS) بتزامن لترسل إشاراتها في الوقت نفسه. وتصل هذه الإشارات - تتحرك بسرعة الضوء - إلى جهاز الاستقبال بأوقات مختلفة؛ لأن الأقمار ليست على مسافات متساوية عن الجهاز. ومن ذلك يمكن حساب موقع القمر من حساب المسافة بينه وبين الجهاز التي يتم حسابها من فرق الوقت بين إرسال الإشارة واستقبالها.

ترسل أقمار (GPS) نوعين من الإشارات، هما:

١- إشارة تحديد المواقع القياسية(SPS): وتصل دقتها إلى ١٠٠ متر، ودقة تحديد الارتفاع إلى ١٥٦ متراً، ودقة الزمن واحد من ثلاثة ملايين من الثانية.

٢- إشارة تحديد المواقع الدقيق(PPS): وتصل دقتها إلى ٢٢ متراً، ودقة تحديد



الارتفاع إلى ٢٨ متراً، وهي أكثر مقاومة للتشويش من النوع الأول.

تصل إشارات الأقمار إلى الجهاز محتوية على عدة أخطاء تعتمد على الظروف الجوية. تؤثر هذه الأخطاء في دقة تحديد الموقع. ولو وجدت محطة معروف موقعها بدقة قريبة من الجهاز (أقل من ٥٠٠ كم) فإن كل من المحطة والجهاز يستقبلان نفس الإشارات وبنفس الأخطاء لأنها اخترقت نفس طبقات الغلاف الجوي.

تعمل المحطة بعكس عمل الجهاز، أي أنها تحسب الإشارات من معرفة موقعها وتقارنها بالإشارات المستقبلة من الأقمار، ومن ثم ترسل معلومات تصحيحية للجهاز الذي يستخدم هذه المعلومات لمعالجة أخطاء الإشارات والوصول إلى دقة أفضل. وتسمى هذه الطريقة بالتقنية التفاضلية (DGPS)، وتصل الدقة فيها إلى أقل من المتر.

أنظمة ملاحية أخرى

من أهم الأنظمة الملاحية الأخرى ما يلي:

● **النظام الروسي**

يتكون نظام الملاحة الروسي حالياً من أقمار جلوسناس (GLOSNASS)، يصل عددها إلى ٢٤ قمراً تدور على ارتفاع ١٩١٠٠ كم في ثلاثة مستويات مدارية وبزاوية ميل ٦٤,٨ درجة. وهو شبيه بنظام (GPS) الأمريكي. بدأ النظام عام ١٩٨٢م، ولكن حالت الظروف الاقتصادية دون إكمال إطلاق جميع الأقمار.

● **نظام جاليليو**

قرر الاتحاد الأوربي تأسيس النظام الملاحي الفضائي **جاليليو (Gallileo)** الذي من المتوقع أن يبدأ في عام ٢٠٠٧م ويكتمل في ٢٠٠٩م. ويقدم النظام تقنية ودقة شبيهة بنظام (GPS)، وستصل تكلفته إلى ٣٦٠٠ مليون يورو، ويتكون من ثلاثين قمراً على ارتفاع ٢٣٦١٦كم في ثلاثة مستويات مدارية، وبزاوية ميل ٥٦ درجة. وقد صُمم النظام للتطبيقات المدنية فقط مما يضمن مستوى أعلى في استمرارية الخدمة.

الجديد في العلوم والتقنية
الجديد في العلوم والتقنية
الجديد في العلوم والتقنية
الجديد في العلوم والتقنية

إدمان الإنترنت

خطت مدرسة الطب بجامعة استانفورد خطوة مهمة حول الإجابة على السؤال المتعلق بمدى خطورة إدمان الإنترنت، هل هي ظاهرة صحية تستحق العلاج أم فقط عادة سيئة؟. أظهرت الدراسة - الأولى من نوعها وتعتمد على استبانة بالهاتف - أن أكثر من شخص من بين ثمانية أشخاص أمريكيين لديهم على الأقل إحدى الأعراض المرضية المتعلقة باستخدام الإنترنت. جاءت الدراسة المذكورة لتأكيد أو نفي دراسة سابقة كانت قد أوضحت أن هناك أعداداً كبيرة من الأشخاص يعانون من بعض المشاكل الصحية المتعلقة بإدمان الإنترنت.

ويذكر **ألياس عبدالجواد** - أستاذ مساعد في علم الصحة النفسية والسلوك ومدير عيادة مقاومة نوبات الاهتياج العصبي في استانفورد - أن دراستهم المذكورة أظهرت أن هناك أعراضاً مرضية واضحة لأعداد كبيرة من مستخدمي الإنترنت الذين شملتهم الاستبانة.

ويضيف **عبدالجواد** أنه على الرغم من الفائدة القيمة للإنترنت في أوجه الحياة، إلا أنه يجب الأخذ في الاعتبار المشاكل الحقيقية التي تسببها لبعض مستخدميها في ظل تزايد مستخدمي الإنترنت، حيث أصبحوا يعانون من مشاكل تتعلق بالتحكم السلوكي بسبب الرغبة الشديدة في الجلوس لساعات طوال أمام الشاشة، ورغم أنها تبدو في الظاهر مريحة نفسياً إلا أنها تقود إلى مشاكل حقيقية على المستوى الشخصي والوظيفي.

ويستطرد **عبدالجواد** أن أمثلة الحالات المرضية التي تناولتها دراستهم الابتدائية حالة شخص أبيض وأعزب في الثلاثين من العمر يقضي حوالي ٣٠ساعة أسبوعياً في برامج غير مفيدة. ورغم أنه قد يتبادر للذهن أن هذه البرامج تتعلق بالمواضيع الإباحية فقط، إلا أن دراسة **عبدالجواد** تشير إلى أن البرامج الإباحية واحدة من تلك البرامج المتهمة بتسبب المشكلة الصحية، مثل برامج الميسر، والتسوق، وغرف الثرثرة.

ورغم أن الدراسات قد أشارت إلى أن مستخدمي الإنترنت - بصفة عادية - من الأمريكيين يفوق الـ ١٦٠مليون، إلا الدراسات المتعلقة بمشاكل استخدامها كانت قليلة، فمثلاً أشارت دراسة قام بها مركز دراسات الإنترنت عام ١٩٩٩م، أن من بين ١٨ألف مستخدم للإنترنت هناك حوالي ألف شخص (٥,٧٪) يقعون تحت ما يسمى بالاستخدام الإجباري للإنترنت (Compulsive Internet use).

وقد أشارت دراسة أخرى تمت عام ٢٠٠٢م، إلى أنه قد تم توجيه إنذار لحوالي ٦٠٪ من منسوبي الشركات بسبب استخدامهم السيىء للإنترنت، بينما تم فصل أكثر من ٣٠٪ لنفس السبب.

ويرى **عبدالجواد** أن المشكلة أصبحت جديرة بالاهتمام، ليس فقط من جانب صحي ولكن أيضاً من جانب اقتصادي، ويضيف **عبدالجواد** أنه من غير المؤكد حتى الآن هل مشكلة استخدام الإنترنت فقط مشكلة صحية واضحة أم هي فقط تعبير عن مشاكل أخرى مثل الكآبة أو علة تتعلق بالإفراط الإجباري لاستخدامها.

قام **عبدالجواد** وفريق عمله بإجراء دراسة تتعلق بادمان الإنترنت شملت ٢١٥٣شخص بالغ موزعين في أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية، حيث أشارت الدراسة إلى أن ٦٨,٩٪ من العينة المذكورة يرتادون الإنترنت بصفة مستمرة تفاصيلهم كما يلي:-

- ١٣,٧٪ (أكثر من شخص واحد لكل ثمانية أشخاص) يجدون صعوبة في التخلي عن ارتياد الإنترنت لعدة أيام.
- ١٢,٤٪ مكثوا أكثر مما يجب لأحيان كثيرة في تصفح شبكة الإنترنت.
- ١٢,٣٪ وجدوا رغبة للانقطاع عن الشبكة عند نقطة معينة.
- ٨,٣٪ كانوا يتصفحون البرامج غير المهمة، بعيداً عن أعين أفراد الأسرة والأصدقاء والزملاء بالمكتب، مما يؤكد أن ما يقومون به يدعو للخجل.
- ٨,٢٪ استخدموا الإنترنت وسيلة للهروب من المشاكل، وهي حالة مرضية تشبه إدمان الكحول .
- ٥,٩٪ وجدوا أن علاقاتهم الإجتماعية تأثرت سلباً، بسبب الاستخدام المفرط للإنترنت.

ويرى **عبدالجواد** أنه من السابق لأوانه اعتبار أن إدمان الإنترنت يمثل حالة مرضية، كما أن نفي ذلك أو تأكيده يحتاج إلى مزيد من الدراسات وعلى عينة أكبر من العينة التي تم استخدامها.

المصدر:

http://www.sciencedaily. com/releases/2006/10/061017164435.htm.



مكونات الأقمار الاصطناعية

د. هيثم بن عبدالعزيز التويجري

يطلق مسمّى "التابع" على كل جسم يدور في مدار معلوم حول جسم آخر، ومن التوابع ما هو طبيعي كالقمر، ومنها ما هو من صنع الإنسان. وقد جرت العادة على إطلاق كلمة "قمر" على جميع أنواع التوابع بما فيها التوابع الاصطناعية.

أطلق أول قمر اصطناعي سبوتنيك ١ (Sputnik 1) من قبل الاتحاد السوفيتي سنة ١٩٥٧م، ومنذ ذلك الحين ازدادت أعدادها إلى ما يفوق ٢٥ ألف قمر اصطناعي في مدارات مختلفة حول الأرض، منها ٨٦٨١ قمراً في مدار معلوم، وأكثر من ١٦ ألف في حالة انحلال مداري.

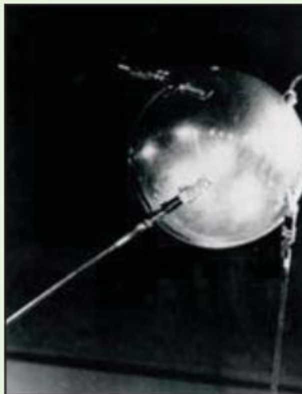
تستخدم الأقمار الاصطناعية في مجالات عدة، وبالتالي يحتوي كل قمر على مجموعة من الأجهزة والتقنيات المناسبة لعمله. فعلى سبيل المثال يحتوي القمر الاصطناعي الذي يقوم بمراقبة الأرض على تلسكوب قادر على تحليل الضوء إلى الأطياف الأساسية بالإضافة إلى كاميرا رقمية ذات أداء عالي لاقتناء الصور، بينما يحتوي قمر الاتصالات على أجهزة مختصة باستقبال الإشارات المنبعثة من محطات بث على الأرض، وإعادة بثها مرة أخرى إلى مناطق مختلفة على سطح الأرض.

مجالات استخدام الأقمار الاصطناعية

لا يتسع المقام هنا للتطرق إلى كل استخدامات الأقمار الاصطناعية، وكلها مهمة وحيوية، وهي في تنام وازدياد مستمر، ومن أبرز مجالات الاستخدام ما يلي:

• التحري العلمي

في هذا التطبيق يكون القمر الاصطناعي بمثابة مختبر فضائي، أي يكون مزود بعدد من الأجهزة العلمية التي تقوم بعمل تجارب علمية وعملية كقياس الأشعة السينية، أما الأجهزة أو الأنظمة الضمنية في القمر الاصطناعي فهي بمثابة الفريق المساند للمعمل.



• سبوتنيك١ (Sputnik1) أول قمر اصطناعي.

• مراقبة الأرض

في هذا التطبيق يكون القمر الاصطناعي بمثابة كاميرا رقمية ذات أداء عالي جداً، ولهذا فإن الحمولة الرئيسية للقمر المستخدم في هذا التطبيق تكون عبارة عن تلسكوب عالي الدقة قادر على الحصول على الصورة المطلوبة بواسطة تحليل الضوء إلى أطيافه الأساسية. أما وظيفة الأنظمة الضمنية في القمر الاصطناعي فمنها ما هو بمثابة البطارية التي تزود الكاميرا بالطاقة، ومنها ما هو بمثابة المصور الذي يحمل الكاميرا ويوجهها بدقة. يستفيد الباحثون والمخططون من الصور الفضائية المحلّلة في عدد من المجالات، ومن أبرزها:

١- الزراعة، حيث يمكن تصنيف المحاصيل الزراعية وتصنيف الغابات.

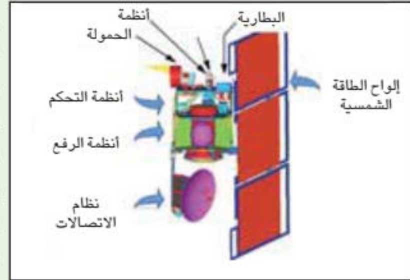
٢- دراسة الظواهر الجيولوجية، والمسح الجيولوجي وعمل الخرائط الجيولوجية.

٣-تخطيط المدن وتحديد التمدد الأفقي لها.

٤- دراسة الكوارث الطبيعية.

• المناخ

يقوم القمر الاصطناعي – في هذا التطبيق– بمراقبة المناخ والتغيرات الجوية، عن طريق أجهزة مختصة تقوم بدراسة المناخ و تأثيره على مختلف القطاعات. ولتحقيق ذلك يراقب القمر الاصطناعي التغيرات المناخية عن طريق جمع أدق المعلومات المتوفرة، ثم معالجتها، ثم إرسالها إلى المحطات الأرضية، حيث يتم تنظيم المعلومات في بنك للمعطيات المناخية يسيرها نظام معلومات يحتوي على



• شكل (٢) الأنظمة الضمنية الأساسية في الأقمار الاصطناعية.

برمجيات ووسائل للتحليل ، مما يسهل استعمال المعطيات المناخية للرصد الجوى ، ولذا فإن الأجهزة أو الأنظمة الضمنية في القمر الاصطناعي تمثل الفريق المساند للمرصد الفضائي.

• الاتصالات

يكون القمر الاصطناعي – في هذا التطبيق – بمثابة محطة إعادة بث ، وتكون حمولته الأساسية عبارة عن منظومة الاتصالات التي تستخدم أجهزة بث وأجهزة استقبال، أو جهاز اتصال مدمج . تكون أجهزة البث والاستقبال مدمجة فيه للقيام بعملية بث واستقبال جميع المعلومات من القمر إلى المحطة الأرضية والعكس.

• أنظمة الملاحة

يكون القمر الاصطناعي – في هذا التطبيق– أحد مجموعة من الأقمار الاصطناعية الخاصة بالنظام العالمي لتحديد الموقع (Global Positioning System) المعروف اختصاراً ب (GPS) ، ويهدف هذا النظام إلى توفير إحداثيات المكان بالاتجاهات الثلاثة، والسرعة الاتجاهية، وبالوقت الدقيق.

يمكن تحديد موقع جهاز الاستقبال العامل بهذا النظام – نظرياً – باستلام ثلاث إشارات من ثلاثة أقمار اصطناعية ، ومن خلال المدار المعروف لهذه الأقمار. وبمقارنة النبضات المستلمة منها، و باستلام إشاراة رابعة من قمر اصطناعي رابع واستخدام هذه الإشارة كأساس، يمكن قياس الفارق الزمني بين كل من هذه النبضات، وبالتالي يمكن إيجاد المسافة بين جهاز الاستقبال ، والأقمار التي تم استقبال إشاراتها، بضرب الفارق الزمني في سرعة انتقال الإشارة (سرعة الضوء تقريباً). وبما أن هذه الأقمار معلومة المدارات ، فإنه يمكن تحديد موقع جهاز الاستقبال بسهولة ، حيث تتم هذه العمليات إلكترونياً، لتظهر إحداثيات المواقع الثلاثة وسرعة المركبات المتحركة على الشاشة الإلكترونية للجهاز.

• استخدامات عسكرية

في أغلب الأحيان يكون هذا التطبيق للقمر الاصطناعي سري، ولا يخلو من أجهزة تجسس واتصالات مشفرة ، حيث القمر الاصطناعي يصمم ويبنى ويطلق من أجل مهمة اختصاصية. ومن أجل تأدية هذه المهمة يوجد في أي قمر اصطناعي أنظمة ضمنية مساندة لتزويده بالطاقة وللتحكم ولأغراض أخرى عديدة.

الأنظمة الضمنية في الأقمار الاصطناعية

تمثل الأنظمة الضمنية ـ مكونات القمر الاصطناعي ـ العقل المفكر والقلب النابض والبدن الحاوي بحيث لا يستطيع أي منها العمل من دون الآخر ، فهي مكملة بعضها لبعض خاصة أنها تعمل في بيئة موحشة. لأن الفضاء يعتبر بيئة معادية لما يوجد فيها ، ولذلك فإن القمر الاصطناعي معرّض للكثير من المخاطر لمجرد وجوده في هذه البيئة. فالتفاوت والتقلبات الشديدة في درجة الحرارة يقلل من العمر الافتراضي للقمر ، أضف إلى ذلك أن القمر الاصطناعي يجب أن يواجه ويتغلب على الرياح الشمسية التي تسبب تزايد في الكهرباء الساكنة (Static Electricity) . ولذلك فإن هذه الظروف بالإضافة إلى غيرها تستدعي أن يكون القمر وبالأخص أنظمته الضمنية متينة وقادرة على العيش والاستمرار في البيئة الفضائية. ونسبة لما سبق يعد القمر الاصطناعي الحديث أداة في غاية التعقيد ، وفي الغالب يتكون من عدة أنظمة ضمنية وآلاف الأجزاء الدقيقة، ومن أهم الأنظمة الضمنية الدارجة في بناء القمر ، جدول (١) مايلي:

النظام الضمني	الوظيفة الرئيسية	أسماء أخرى
نظام الدفع - Propulsion	يوفر الدفع اللازم لتعديل المدار والوضعية	Reaction Control System
نظام تحديد الوضعية والتحكم - Attitude Determination and Control System (ADCS)	يحدد ويتحكم في وضعية القمر في مداره بالإضافة إلى توجيه ملحقات القمر	Attitude Control System Guidance, Navigation and Control
نظام الاتصال - Communication	يوفر إمكانية الاتصال بين القمر والمحطة الأرضية	Tracking, Telemetry and Command
نظام إدارة البيانات والأوامر – Command and Data Handling	يعالج ويوزع الأوامر، يعالج، يحفظ، يسترد المعلومات	Spacecraft Computer System, Spacecraft processor
النظام الحراري - Thermal	يحافظ على توزيع حراري مقبول عبر القمر الاصطناعي.	Environmental Control System
نظام الطاقة - Power	يولّد ويخزّن الطاقة الكهربائية، ومن ثم ينظّمها ويوزّعها على الأنظمة	Electric Power System
نظام الهيكل – Superstructure	يوفّر الدعم لبنية القمر	Structure sub-system, Structure and Mechanisms

• جدول (١) الأنظمة الضمنية للأقمار الاصطناعية.



• شكل (٣) نظام دفع كهربائي (xenon).



• نظام الاتصال على قمر (DSCD III) الأمريكي.

• نظام الدفع

نظام الدفع هو النظام المسؤول عن إيصال القمر إلى مداره. وتختلف أنظمة الدفع بحسب طريقة عملها ، فمنها الأنظمة الكيميائية (Chemical Thrusters) أوالكهربائية (Ion Thrust Engine) أو الميكانيكية (Compressed Gas, Reaction Wheels)، إضافة إلى مهمة إيصال القمر إلى مداره . يقوم نظام الدفع بالتصحيحات اللازمة للأخطاء التي قد تنتج من الممانعة الهوائية أو المجال المغناطيسي الأرضي أو الرياح الشمسية، وذلك للمحافظة على المدار الثابت للقمر.

• نظام تحديد الوضعية والتحكم

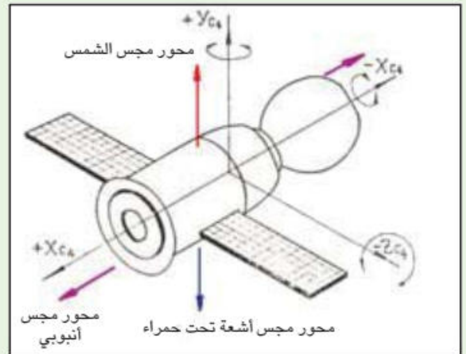
في أغلب الأحيان يتوجّب على القمر الاصطناعي أن يكون مواجهاً للأرض أو تكون ألواح الطاقة مقابلة للشمس ، لذا يستوجب على نظام تحديد الوضعية والتحكم أن يوجّه القمر بصورة صحيحة ودقيقة. ويتم ذلك عن طريق محرّكات صغيره جداً مقارنة بمحركات نظام الدفع.

• نظام الاتصال

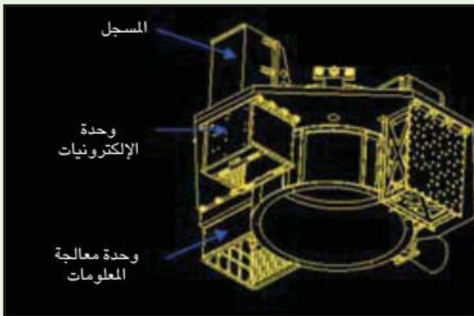
يستخدم نظام الاتصال أجهزة بث وأجهزة استقبال، أو قد يستخدم جهاز اتصال مدمج فيما يعرف بـ (Transponder) ، وهو جهاز تكون أجهزة البث والاستقبال مدمجة فيه. يقوم هذا النظام بمهمة بث واستقبال جميع المعلومات من القمر إلى المحطة الأرضية والعكس. وفي حالة كون القمر الاصطناعي قمراً مخصصاً لأغراض الاتصالات يكون هذا النظام هو النظام الرئيس الشامل في القمر.

• نظام إدارة البيانات والأوامر

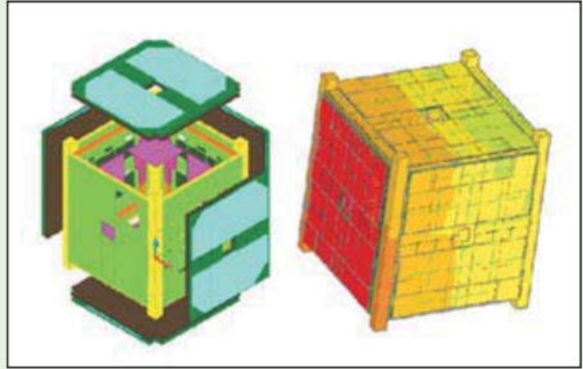
يقوم القمر بشكل دوري بإبلاغ مركز التحكم الأرضي بحالته ووضعيته بالإضافة إلى موقعه في المدار. وفي أغلب الأحيان يوجد على القمر الاصطناعي فنار مخصص لإرسال إشارات تتيح للمحطة الأرضية متابعة القمر في مداره ، كذلك يقوم القمر بإرسال معلومات أخرى عن



• نظام تحديد الوضعية والتحكم لقمر سويوز السوفيتي.



• نظام إدارة البيانات والأوامر على قمر (HESSI).



• تحليل التباين أو الميول الحرارية للقمر.



• تركيب الألواح الشمسية.

حالته وصحّته كدرجة الحرارة و حالة نظام التشغيل لديه.

• النظام الحراري

يهدف النظام الحراري في القمر الاصطناعي بصفة أساس إلى تنظيم درجة حرارة مكونات القمر المختلفة، تتسبب البيئة الفضائية في تباين حراري أو ميول حراري شديد (Temperature Gradients) تعد قاتلة للقمر الاصطناعي. ينتج التباين الحراري الشديد عن وجود جهتين للقمر، الأولى مقابلة للشمس (Sun side) حيث تكون درجة الحرارة عالية جداً، والأخرى في الظل (Shade) حيث تكون درجة الحرارة منخفضة. يقوم النظام بتبديد الحرارة وتوزيعها بشكل غير ضار لأنظمة القمر.

• نظام الطاقة

يقوم نظام الطاقة بتوليد الطاقة الكهربائية عن طريق ألواح من الخلايا الشمسية، ثم يقوم بتخزينها في بطّاريات كي يحافظ على مصدر ثابت من الطاقة للقمر. وعندما يكون القمر مقابلاً للشمس فإن الخلايا تقوم بتوليد الطاقة وتخزينها، أما في حالة دخول القمر في الظل فإن القمر يستمد الطاقة من البطّاريات. ومن مهام نظام الطاقة كذلك تنظيم وتوزيع الطاقة الكهربائية على مختلف الأنظمة الضمنية.

• نظام الهيكل

يتعرّض القمر الاصطناعي إلى اهتزازات واضطرابات عنيفة أثناء رحلته إلى الفضاء. تنتج أشد هذه الاهتزازات في اللحظات الأولى من عملية إطلاق الصاروخ الحامل للقمر، ولذا وضع نظام الهيكل لتحمّل آثار هذه الاضطرابات والاهتزازات. بالإضافة إلى ذلك، قد يتعرّض القمر لظاهرة التمدد والتقلص، وبالتالي يستوجب على نظام الهيكل القدرة على تحمل هذه الظاهرة، وبالتالي يوفر الهيكل الدعم التام لبنية القمر.



• تجربة نموذج لهيكل القمر الفرنسي(SPOT 4) على منصة إهتزازات.



هل تساءلت يوماً كيف تدور الأقمار الاصطناعية حول الأرض ولا تسقط عليها ؟ وكيف تحافظ على مسارها عبر السنين ؟ يهدف هذا المقال إلى الإجابة على هذه الأسئلة ، حيث سيتطرق إلى المدارات التي تسير عليها الأقمار الاصطناعية واتجاهاتها والقوى التي تتحكم في سيرها وغيرها من المواضيع ذات العلاقة.

تسلك الأقمار الاصطناعية خلال حركتها حول الأرض مسارات تسمى بالمدارات ، أما العلم الذي يصف مدارات الأقمار فيطلق عليه حركية المدارات (Orbital Dynamics). ويصف هذا العلم أيضاً حركة الكواكب حول الشمس والأقمار حول كواكبها.

قوانين الحركة

تتحرك الأقمار الاصطناعية حول مداراتها وفق قوانين أودعها الخالق جلت قدرته في هذا الكون، وتم اكتشافها منذ القرن السابع عشر بناءً على مشاهدات حركة الكواكب السيارة حول الشمس. يمكن من خلال هذه القوانين التنبؤ بموقع القمر وسرعته المدارية بعد وقت قصير من إطلاقه بناء على حل ما يسمى بمعادلات الحركة بين القمر الاصطناعي والأرض ، ومعرفة الحالة الأولية أو البدائية للقمر عند الإطلاق (Initial Conditions).

ورغم أن حركة الأقمار الاصطناعية حول الأرض تعتمد على القوانين المذكورة إلا أن هناك مؤثرات محيطة بالقمر الاصطناعي (الشمس ، القمر الطبيعي ، شكل كروية الأرض والضغط المؤثر على هيكل القمر نتيجة الرياح الشمسية) تؤدي إلى انحراف مساره عن المسار الناتج (المحدد)من حل معادلات الحركة.

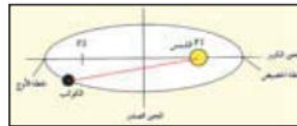
تمكن كل من العالمين **كيبلر ونيوتن** بعد دراسات مستفيضة ومشاهدات لفترات طويلة من صياغة عدة قوانين تفسر حركة الأجرام السماوية والأقمار الاصطناعية حول بعضها، وفيما يلي استعراض لتلك القوانين .

• قوانين كيبلر

تمكن عالم الفيزياء والفلك **جوهانز كيبلر** خلال دراسة متعمقة لحركة الكواكب حول الشمس - وبدعم من ملاحظات أستاذه **تايكو براهي** (١٥٤٦-١٦٠١م)، ومعتمداً على قياساته التي أجراها بنفسه - من وضع قوانين تصف حركة الكواكب السيارة حول الشمس، وذلك في الفترة (١٦٠٩-١٦١٩م) ، وهي كما يلي:

* **القانون الأول:** وينص على "أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات بيضاوية (إهليجية) - حول محور كبير وآخر صغير - بحيث تكون الشمس في إحدى بؤرتي المدار(F_1,F_2)" ، كما هو موضح في الشكل (١). وتعرف نقطة الحضيض بأنها أقرب نقطة في المدار إلى مركز الشمس ونقطة الأوج بأبعد نقطة في المدار عن مركز الشمس.

* **القانون الثاني:** وينص على "أنه عند دوران الكوكب حول الشمس فإن الخط الذي يصل الكوكب بالشمس يمسح مساحات متساوية في أوقات متساوية" ، كما هو موضح في الشكل (٢). بمعنى أن سرعة الكوكب تزداد عند اقترابه من الشمس حتى تصل إلى أعلى سرعة عند نقطة الحضيض، ثم تقل إذا ابتعد عنها حتى تصل إلى أقل قيمة لها عند نقطة الأوج.



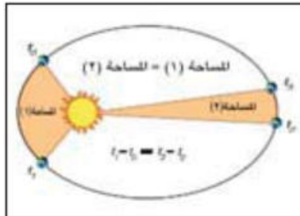
• شكل (١) المدار الإهليجي للكوكب

* **القانون الثالث:** وقد تم اكتشافه بعد مضي عشر سنوات تقريباً من القانون الأول والثاني ، وينص على أن "مربع زمن دورة الكوكب حول الشمس تتناسب طردياً مع مكعب نصف المحور الكبير الذي يرمز له (a)، ومتوسط المسافة بين الكوكب والشمس".

• قوانين نيوتن للجاذبية والحركة

تمكن العالم الإنجليزي **إسحق نيوتن** (١٦٤٢-١٧٢٧م) من صياغة قانون الجاذبية وثلاثة قوانين تفسر حركة الأجسام وسرعتها، عرفت باسم قوانين نيوتن للحركة، وهي :

* **قانون الجاذبية:** ويعتمد على قوانين **كيبلر** - خصوصاً القانون الثالث - كأساس في طرحه، وينص قانون **نيوتن** للجاذبية على أن "قوة التجاذب بين أي جسمين تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما وطردياً مع كتلة كل منهما"،



• شكل (٢) تساوي المساحات التي يمسحها القمر بتساوي مدة المسح

وبصيغة رياضية يمكن حساب هذه القوة (F) كما يلي:

m

r

M

المعادلة (١)

$$\vec{F} = G\frac{mM}{r^2}\left(\frac{-\vec{r}}{|\vec{r}|}\right)$$

حيث:

- (M) كتلة الأرض = ٥,٩٧٤×١٠ ^{٢٤} كجم
- (G) ثابت الجاذبية العام = ٦,٦٧×١٠ $^{-١١}$ نيوتن .متر/كجم٢
- (r) المسافة بين منتصف قطر الأرض ومنتصف قطر القمر .

* **قوانين الحركة:** وهي ثلاثة قوانين تصف العلاقة بين حركة الجسم والقوي المؤثرة عليه، وهي:

– **القانون الأول (قانون الاستمرارية):** وينص على أن "الجسم الساكن والمتحرك في خط مستقيم يبقى علي حالته إذا لم يؤثر عليه بقوة خارجية" بمعني أن السرعة في حالة (الجسم المتحرك) سوف تكون ثابتة إذا لم يكن هناك قوى مؤثرة.

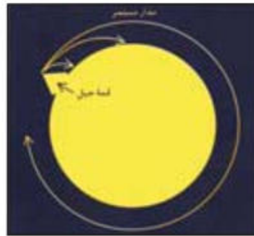
– **القانون الثاني:** وينص على أنه: "إذا أثرت قوة على جسم ما فإنه سوف يتسارع بقيمة تتناسب مع القوة المؤثرة وفي نفس الاتجاه" ، ويمكن تمثيلها بالصيغة الرياضية التالية :

$$\vec{F} = m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \quad \text{.................. المعادلة (٢)}$$

– **القانون الثالث**، و ينص على أن "لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه".

السرعة المدارية

عند الوقوف على قمة جبل وقذف كرة بشكل أفقي وبسرعة معينة فإنها سوف تتسارع إلى الارض – حسب قانون **نيوتن** الثاني – (سقوط حر) وتأخذ مساراً مقوساً بعد مسافة أفقية معينة تعتمد على سرعتها الابتدائية عند قذفها .



● شكل (٣) مسارات الكرة عند سرعات ابتدائية مختلفة

يوضح الشكل (٣) مسارات الكرة عند سرعات ابتدائية مختلفة.

ومن الملاحظ أنه عندما تنطلق الكرة بسرعة عالية جداً بحيث تتساوى عندها قوة الطرد المركزي مع قوة الجاذبية الأرضية فإنها لاترتطم بالأرض بل تسلك مداراً دائرياً حول الأرض.

وبناء على هذه الظاهرة وجد العلماء أنه يمكن للقمر الاصطناعي الدوران حول الأرض إذا أطلق بسرعة ٨كم/ثانية (٢٨,٨٠٠كم/ساعة) قريباً من سطح الأرض، ويحتاج إلي سرعة أقل من ٥,٥ كم/ ثانية إذا أطلق على ارتفاع ٨١٣٦ كم فوق سطح الأرض. ويعني ذلك: أن السرعة المدارية تتناقص كلما ابتعدنا عن سطح الأرض (جاذبية الأرض). ويمكن حساب سرعة القمر المدارية كمايلي:

سرعة القمر الاصطناعي في المدار الدئري = $\sqrt{\frac{GM}{r}}$

سرعة القمر الاصطناعي في المدار الإهليجي = $\sqrt{\frac{2GM}{r} - \frac{GM}{a}}$

حيث "r" المسافة بين القمر الاصطناعي ومركز الكرة الأرضية. فمثلاً يمكن حساب "r" لمدار يبلغ إرتفاعه ٦٠٠ كلم كالتالي:

r=٦٠٠كلم + نصف قطر الكرة الأرضية

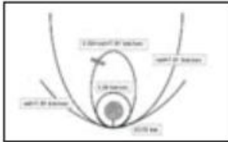
=٦٠٠+٦٣٧٨ = ٦٩٧٨ كلم

GM = ٣٩٨٦٠٠

يوضح الجدول التالي سرعة القمر في مدار دائري عند ارتفاعات مختلفة:

الارتفاع	السرعة
٦٠٠ كلم	√(٣٩٨,٦٠٠ / ٦,٩٧٨) = ٧,٥٥ كلم/ث
١٠,٠٠٠ كلم	√(٣٩٨,٦٠٠ / ١٦,٣٧٨) = ٧,٥٥ كلم/ث
٢٠,٠٠٠ كلم	√(٣٩٨,٦٠٠ / ٢٦,٣٧٨) = ٣,٨٨ كلم /ث

وفي حالة زيادة السرعة عن السرعة



● شكل (٤) مسارات القمر عند سرعات مختلفة

الدائرية يتحول المدار إلى مدار بيضاوي (إهليجي)، شكل(٤)، بحيث تزداد فلطحة هذا المدار كلما زادت السرعة ، حتى يفلت القمر من جاذبية الأرض عند سرعة تسمى بسرعة الإفلات (Escape Velocity)، ويسلك القمر الاصطناعي مساراً بشكل قطع مكافئ ويبتعد عن جاذبية الأرض.

ويتناقص ارتفاع القمر نتيجة الاحتكاك مع الجزيئات الموجودة في مداره، وقد يرتطم بالأرض بعد مدة من الزمن إذا لم يحترق كاملاً خلال اختراق الغلاف الجوي.

حركة القمر الاصطناعي حول الأرض

تعتمد حركة القمر الاصطناعي حول الأرض على قانون **نيوتن** الثاني وقانون **نيوتن** للجاذبية . فمثلاً لإيجاد معادلة تبين حركة قمر اصطناعي كتلته (m) حول الأرض كتلتها (M)، ومن ثم معرفة شكل المدار حول الأرض عن طريق حل المعادلة . وبذلك يكفي للتنبوء بمسار القمر (لفترات زمنية قصيرة) معرفة حالته الابتدائية، وبعدها تصبح حركة القمر معلومة كنتيجة لحل معادلات الحركة.

بتعويض قوة الجاذبية- معادلة (١) - في قانون **نيوتن** الثاني للحركة - معادلة (٢) - يمكن الحصول على المعادلة التالية لمتجه التسارع للقمر الاصطناعي:

$$m\frac{d^2r}{dt^2}=G\frac{mM}{r^2}\left(\frac{-\bar{r}}{|\bar{r}|}\right)$$

المعادلة (٣)

$$\frac{d^2r}{dt^2}+\frac{GM}{r^3}\bar{r}=0$$

تسمى هذه المعادلة بمعادلة حركة الجسمين (Equation of two body motion) وهي مبنية على الفرضيات التالية :

١- إهمال تأثير الأجسام المحيطة بالأرض والقمر الاصطناعي (مثال القمر الطبيعي ، الشمس.. الخ).

٢- إهمال كتلة القمر الاصطناعي بالمقارنة مع كتلة الأرض.

٣- أن قوة الجاذبية هي القوة المؤثرة الوحيدة بين القمر الاصطناعي والأرض.

٤- عدم احتساب فلطحة الأرض عند الأقطاب (الأرض ليست كروية تماماً).

بعد إجراء بعض العمليات الرياضية لمعادلة الحركة يمكن التوصل للحل النهائي كما يلي:

$$r=\frac{p}{1+e\cos(\theta)}$$

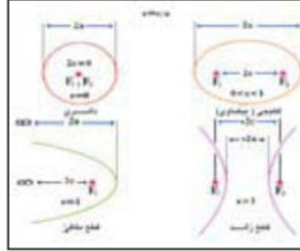
حيث إن :

- Θ تمثل الزاوية القطبية التي تحدد موقع القمر في مداره.
- (e) تمثل مقدار الانحراف (Eccentricity).
- (p) ثابت المدار .

ويصف هذا الحل أحد القطوع المخروطية المعروفة كما هو موضح في شكل (٥).

وبذلك يكون مدار القمر الاصطناعي حول الأرض كما يلي:

- دائرياً (circular) : إذا كان مقدار الانحراف (e) يساوي صفر، وقطره يساوي (r = p).



● شكل (٥) القطوع المخروطية

- بيضاوياً (ellipse) : إذا كان الانحراف بين صفر وواحد ($0<e<1$).
- قطاع مكافئ (parabola) في حالة ($e=1$).
- قطع زائد (hyperbola) في حالة ($e>1$).

الجدير بالذكر أن هذا الحل تقريبي، ولكن تزداد دقته كلما أخذنا بعين الاعتبار تأثير القوى المحيطة بالجسمين كما تقدم ذكره .

عناصر المدار

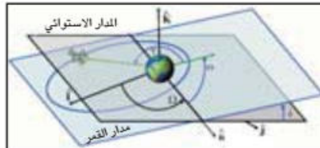
لتحديد وضع وشكل المدار الأهليجي (البيضاوي) في الفضاء لابد من معرفة عناصر المدار التقليدية ومتغيرات المدار الأهليجي، وهي ستة عناصر كما يوضحها شكل(٦).

● زاوية العقدة الصاعدة

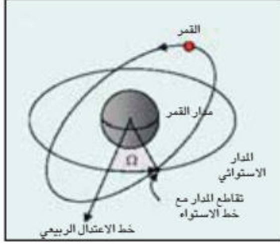
تعرف زاوية العقدة الصاعدة (Ω) (Right ascension of the ascending node) بأنها: الزاوية المحصورة بين خط الاعتدال الربيعي (Vernal equinox)، والخط الناتج من تقاطع مستوى المدار مع خط الاستواء (line of nodes).

زاوية الحضيض

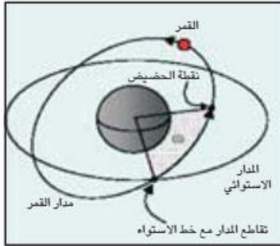
تعرف زاوية الحضيض (ω) (Argument of perigee): بأنها الزاوية المحصورة بين خط الاستواء



● شكل (٦) عناصر المدار



● شكل (٧) زاوية العقدة الصاعدة



● شكل (٨) زاوية الحضيض

(line of nodes) ونقطة الحضيض كما هو مبين في الشكل (٨).

زاوية ميلان المدار

تقاس زاوية ميلان المدار (*i*) (Orbital inclination) من خط الاستواء إلى مستوى المدار، ويسمى المدار مدار قطبياً إذا كانت زاوية ميلان المدار ٩٠° الشكل (٩).

مقدار الانحراف

يحدد مقدار الانحراف

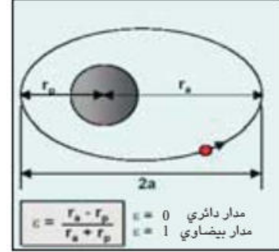


● شكل (٩) زاوية ميلان المدار

(Orbit eccentricity - e) - اللامركزية - الذي يتغير حسب قيمة اللامركزية (e) حسب ما هو موضح في الجدول (١). ولشكل (١٠)

مدار دائري	$e = 0$
مدار قطع ناقص (بيضاوي)	$0 < e < 1$
مدار قطع مكافئ	$e = 1$
مدار قطع زائد	$e > 1$

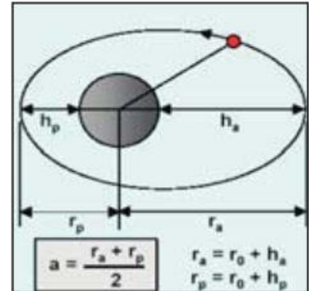
• جدول (١) تغير المدار باختلاف اللامركزية



• شكل (١٠) مقدار الانحراف

المحور شبه الأساس

يحـــدد المحــور شـــبــه الأســـاس (Semi major axis) حــجم المدار، ويمـثل نصف المسـافة للمـحور الأسـاس أو الأكبر شكل (١١) ، وفي حـالة المدار الدائري يمثل

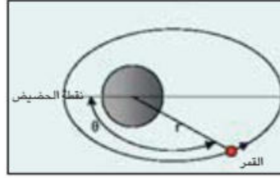


• شكل (١١) المدار شبه الأساس

هذا العنصر نصف قطر المدار.

زاوية الابتعاد المداري

زاوية الابتــعــاد المداري (true anomaly): هي الزاوية المحصورة بين نقطة الحضيض وموقع القمر في المدار، كمـا هو مـبين في الشكل (١٢).



• شكل (١٢) زاوية الابتعاد المداري

تأثير الكواكب على مدار القمر الاصطناعي

تؤثر الكواكب المحــيطة بالقـــمـــر الاصطناعي على حركته في مداره ، فـثلاً تسـبب قـوى الجاذبية للشمس والقـمـر الطبيـعي تغيرات دورية على عناصر مدار القمر الاصطناعي حول الأرض مثل ارتفاع المدار (H)، وزاوية الميــلان (i) ، ومــقــدرار الانحـــراف (e)، كـــمـا تســبب تـغـيـرات تصاعـدية (Secular) في زاويـة الحضيض (ω)، وزاوية العقدة الصاعدة(Ω) .

وتعد التغيرات التصاعدية الناشئة من تأثير الشـمس والقمـر ذات أهمـية أكـبر بالمقارنة بالمتغيرات الدورية ، ففي حالة المدار الدائري ، يمكن حسـاب معدل التغيير في زاوية العـقـدة الصـاعـدة (Ω).وزاوية الحضـيض (ω) الناتجة من تأثير الشـمس والقمر على النحو التالي:

$$\Omega_{moon} = -.00338 \frac{\cos(i)}{n}$$
$$\Omega_{sun} = -0.00154 \frac{\cos(i)}{n}$$

$$\omega_{moon} = -.00169 \frac{4 - 5\sin(2i)}{n}$$
$$\omega_{sun} = -.00077 \frac{4 - 5\sin(2i)}{n}$$

حــيث تمـثل (n) عــدد دورات القــمــر الاصطناعي حول الأرض في اليوم الواحد .

تأثير الفلطحة على مسار القمر

عندمـا اسـتنتجت معـادلة الجـسـمين (Two body Problem) لم يؤخــذ في عين الاعـتـبـار فلطحـة الأرض عنـــد الأقطـاب بل اعـتـبـر أن الأرض كـروية بشـكل تام وذلك نتـيـجـة لدوران الأرض حـول مـحـورها، وأن كتلتها موزعـة بشكل منتظم ، وفي الحقيقة: إن فلطحـة الأرض تسـبب تغيرات تصاعدية في زاويـة الحضيض (ω) وزاوية العقدة الصاعدة (Ω) حسب المعادلات التالية (تقريبية).

المعادلة (٤)

$$\omega = \frac{3J\,2nR_e^2}{2a^2(1-e^2)}\cos(i)$$

$$\omega = \frac{-3J_2 nR_e^2}{4a^2(1-e^2)^2}(4-5\sin^2(i))$$

حيث : J_2 = معامل التفلطح ، e = قدار الانحراف ، i = زاوية الميل ، Re = نصف قطر الأرض.

لذلك في حـالة الأقـمـار المنخـفـضـة الارتفاع (قريبة من جاذبية الأرض) يجب حساب قيمة هذه المتغيرات، حيث يستفاد في تصميم مدار متزامن مع الشمس، وذلك باختيار ارتفاع المدار مع قيمة معينة لزاوية ميله بحيث تتغير قيمة (Ω) بمعدل ٠,٩٨٥ درجــة في اليــوم، وينتـج عن ذلك تـزامن دوران المـــــدار مــــــع دوران الأرض حـــول الشمس.

أنــواع المـدارات وتطبيـقـاتـها

يوجـد العـديد من المدارات، ولذلك يتم اختـيار مـدار القـمـر الاصطناعي بناء على أهداف ومتطلبات المهمة، فمثلاً يستخدم المدار القطبي (زاوية ميله تساوي ٩٠ درجة من خط الاسـتواء) عند الحاجة إلى التغطية الكاملة للكرة الأرضـيـة مـا عـدا القطبين ، وفـيـمـا يلي وصف لـبـعض أنواع المدارات الدارجة في مجال الأقمار الاصطناعية.

المدار المتزامن مع الشمس

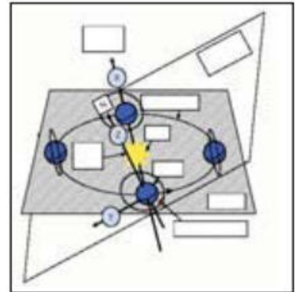
يحتفظ المدار المتزامن مع الشمس (Sun Synchronous Orbit) بزاوية ثابتة بينه وبين متجه الشمس (الخط الواصل بين الشمس والأرض)، وذلك عن طريق اختيار ارتفاع المدار وزاوية ميلانه، بحيث يتزامن دوران الأرض حول الشمس مع دوران أو زحف مستوى المدار حول محور دوران الأرض (حوالي ٠,٩٨٥ درجة لكل يوم أو ٣٦٠ درجة في السنة) كما هو موضح في الشكل (١٣).

يقطع القمر الاصطناعي ـ في هذا المدار ـ خط الاستواء عند وقت محدد في كل دورة، ويمكن تحديد هذا الوقت عند عملية إطلاق القمر ووضعه في مداره، فهو يغطي المنطقة المطلوبة في أوقات معينة تتكرر كل يوم.

يستفاد من هذا النوع من المدارات في تطبيقات الاستشعار عند بعد، وفي حالة الحاجة للتصوير عند شدة إضاءة متقاربة لموقع معين على سطح الأرض، بالإضافة إلي أن هذا النوع من المدارات يجعل عملية الاتصال بالقمر من المحطة الأرضية مرتبطة بأوقات محددة، مما يساعد على وضع جدول زمني لفريق تشغيل القمر في المحطة الأرضية.

• مدار مولنيا

تبنى الاتحاد السوفيتي سابقاً تصميم مدار مولنيا (Molnya Orbit) في عام ١٩٦٥م مع أول مركبة فضائية بمسمى البرق (Molniya). يمتاز المدار بشكل بيضاوي (إهليجي) وبدرجة انحراف حولي ٠,٧٥ بحيث تصل المسافة بين أبعد نقطة عن سطح الأرض إلى ٣٩,٠٠٠ كم فوق الجزء الشمالي من الكرة الأرضية، وفي المقابل تتراوح أقرب نقطة للأرض ما بين ٢٠٠ إلى ١٠٠٠كم في الجهة



• شكل (١٣) المدار المتزامن مع الشمس



• شكل (١٤) مدار مولنيا

الجنوبية من الأرض. يستغرق القمر ١٢ ساعة ليكمل دورة كاملة حول الأرض، ويوضح الشكل (١٤) مدار مولنيا حول الكرة الأرضية.

يقضي القمر في مدار مولنيا معظم الوقت في الجزء الشمالي من الكرة الأرضية، حيث يمكث حوالي ١١ ساعة في تغطية المنطقة المطلوبة، لذلك يستخدم هذا النوع من المدارات في أغراض الاتصالات من مواقع مرتفعة عن خط الاستواء (high latitudes locations). يصمم هذا المدار بزاوية ميل تقدر بـ ٦٣,٤ درجة، وذلك لمنع دوران المدار في مستواه، مما يتسبب في تغيير وضع أقصر وأبعد مسافة من القمر إلى الأرض عن الوضع المرغوب، يوضح الشكل (١٥) المسار الأرضي لمثل هذا النوع من المدارات.

من عيوب هذا المدار ـ مقارنة بالمدارات الثابتة (الاستوائية) ـ أن هوائيات المحطة الأرضية يجب أن تعمل على متابعة القمر، لاستمرارية الاتصال به في الفترة المحدودة، كما أن القمر الاصطناعي في هذا المدار يواجه ما يسمى بحزام إشعاعي (Allen Radiation belt) حيث يؤثر ذلك على الأجهزة الإلكترونية في القمر إذا لم تكن هذه لأجهزة محمية بمواد لمقاومة الإشعاع. شكل (١٥).

• المدارات الثابتة

تمتاز المدارات الثابتة ـ المدارات الاستوائية (Geostationary Orbits) ـ بأنها دائرية ويصل ارتفاعها إلى ٣٦,٠٠٠ كم فوق سطح الاستواء، وبذلك تكون زاوية ميلان المدار تساوي صفر وسرعتها المدارية تساوي سرعة دوران الأرض حول محورها (بمعنى أن القمر يدور حول الأرض مرة واحدة في اليوم، فهو متزامن مع دوران الأرض حول



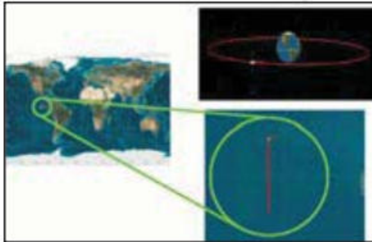
• شكل (١٥) المسار الأرضي لمدار مولنيا

محورها) وبالتالي يكون موقع هذا القمر ثابتاً بالنسبة لمحطة المراقبة علي سطح الأرض، حيث يمكن توجيه هوائيات المحطات الأرضية إلى نفس النقطة تقريباً في السماء، وهذا بدوره يسهل عملية الاتصال بالقمر، ولا يتطلب وجود نظام لمتابعة القمر كما هو الحال في المدارات الأخرى.

يستخدم هذا المدار في تطبيقات أقمار الاتصالات والرصد الجوي (دراسة الطقس) وأقمار البث التليفزيوني الفضائي.

الجدير بالذكر أن ثلاثة أقمار من هذا النوع تستطيع أن تقدم شبكة اتصالات شاملة للعالم (ماعدا المناطق القطبية). يوضح الشكل (١٦) المدار الاستوائي (الثابت) والمسار الأرضي له.

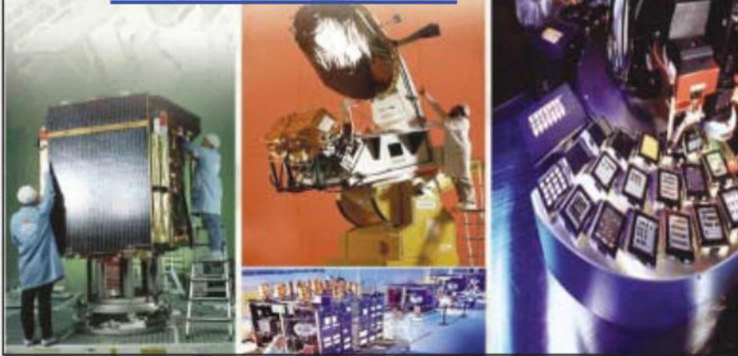
من عيوب هذا المدار أن هناك تأخيراً زمنياً في نقل المعلومات من وإلى القمر (Time Delay)، وذلك نتيجة المسافة الكبيرة التي يجب أن تقطعها الإشارة من مكان الى آخر على سطح الأرض مروراً بالقمر. لايمثل هذا التأخير عائقاً في حالة الإنترنت ونقل المعلومات من وإلى القمر، ولكن يمكن استشعاره بشكل واضح عند إجراء المكالمات الهاتفية الدولية.



• شكل (١٦) المدار الاستوائي والمسار الأرضي له

متطلبات إنتاج الأقمار

د. محمد الماجد / د. خالد الدكان



تتطلب برامج إنتاج الأقمار الاصطناعية كغيرها من الصناعات المتقدمة والدقيقة، وضع خطط وأهداف مدروسة بدءاً بالفكرة، ومروراً بمراحل التصميم والتطوير والتصنيع، وانتهاءً بالاختبارات الأرضية والتشغيلية قبل وبعد الإطلاق.

ومما لاشك فيه أن إنتاج الأقمار الاصطناعية التجارية والعلمية والعسكرية ـ بخلاف أقمار الهواة التي يمكن إنتاجها في معامل صغيرة وبتكلفة مقبولة ـ يتطلب منشآت متخصصة ومتقدمة للإنتاج والاختبار، إضافة إلى بنية تحتية مساندة عالية التكاليف، إلا أن التقدم التقني الهائل في مجال الإلكترونيات والبصريات والاتصالات جعل تكلفة إنتاج الأقمار الاصطناعية في انخفاض مستمر. وتبقى مهمة القمر الرئيسية هي المحدد النهائي لحجم وعمق الدراسات الهندسية المطلوبة لخط الإنتاج المناسب والمنشآت اللازمة.

تستخدم الأقمار الاصطناعية أساساً في مهام عديدة، مثل: أنظمة الاتصالات العلمية، والبث التلفزيوني، كما تشكل نواة أنظمة الاستشعار عن بعد كالتصوير أو المسح الضوئي. إضافة إلى ذلك فإن لها مهاماً علمية بحتة بغرض اختبار أجهزة أو قطع لم يتم اختبارها في الفضاء، أو اختبار أنظمة جديدة وتحديد مدى دقة تجاوبها وفعاليتها. وللأقمار الاصطناعية تطبيقات ومهام عسكرية بحتة مثل التشويش والتنصت كأحد أساليب الحرب الإلكترونية.

تكلفة الإنتاج

تعتمد تكلفة إنتاج الأقمار الاصطناعية بشكل أساسي على المهام المراد تحقيقها من قبل القمر الاصطناعي، فكلما زادت مهامه زاد تعقيده وزادت تكلفته ودقة تصنيعه، ومن الأمور الأساسية هو تحديد مهمة القمر بشكل جلي وواضح، لأن ذلك يتعلق بالتكلفة، حيث إن إضافة بعض المهام أو التحسين في مهام أخرى ـ قد لاتخدم المهمة الأساسية أحياناً ـ تؤدي إلى مضاعفة التكلفة. فمثلاً، نجد أن محاولة تحسين دقة تصوير الكاميرا الرئيسية في قمر الاستشعار عن بعد بنسبة ٥٠٪ قد يؤدي إلى زيادة تكلفة تصنيعه بنسبة تتجاوز الـ ١٠٠٪ نتيجة انعكاس التغيير في حجم الكاميرا على حجم ووزن القمر الكلي، وكذلك إلى ازدياد تعقيد عملية تصنيع المنظار. عليه يجب على القائمين على تصنيع القمر تحديد المهام بدقة والالتزام بها حتى نهاية المشروع.

وبشكل عام يمكن القول إن تحديد مهمة القمر مرتبطة بقيود أساسية منها الاقتصادية، مثل: مدى توفر الدعم الكافي لإنتاج الأقمار، وكذلك الرغبة السياسية، حيث أن الأقمار الاصطناعية هي من أفضل الطرق لمعرفة مايحصل على سطح الأرض دون التقيد بحدود جغرافية؛ فأهمية الفضاء لدى الدول لاتقل أهمية عن الحدود الأرضية المتفق عليها. أما القيود العلمية والمعرفية فهي التي تعطي التمكين لدولة ما السيطرة على الفضاء، ومن ثم الإمساك بزمام التقنية الفضائية.

يمكن تصنيف تكلفة الأقمار الاصطناعية حسب المهام المناطة بها إلى ما يلي:

● أقمار الهواة والتعليمية

تكون أقمار الهواة والتعليمية أقل تعقيداً وتكلفة حيث تحتوي بشكل على أجهزة إرسال واستقبال إضافة إلى الأجهزة الأخرى المساندة لتشغيل القمر وتبادل المعلومات الداخلية وأسلوب تحكم وتوجيه مبسط. ولا يتطلب القمر الكثير من القدرات الصناعية ولا لأنظمة الاختبارات المتقدمة، ولكن تزداد تعقيداته عند الرغبة في زيادة مهامه كإضفاء مهمة حفظ المعلومات وتصنيفها مثلاً، وهذا يتطلب تطوير نظام الحاسب وإضافة ذاكرة كافية لاستيعاب المعلومات المراد حفظها والتعامل معها.

● أقمار مراقبة الأرض

تتطلب أقمار مراقبة الأرض (الاستشعار عن بعد) ـ لمعرفة أحوال الطقس مثلاً أو الملاحة، أو دراسة طبيعية الأرض من يابسة وبحار، أو حصر الموارد الزراعية، ودراسة مقدار التلوث البيئي ـ احتواء القمر على حمولة مناسبة (Payload) تمكنه من المسح الضوئي والتصوير. وبالتالي تتطلب منشآت متقدمة جداً للتصنيع والاختبار، وكوادر علمية ذات خبرة عالية، وهذه مكلفة جداً.

● **أقمار الاتصالات والبث التلفزيوني**

تعد أقمار الاتصالات والبث التلفزيوني الأعلى تكلفة والأصعب تصنيعاً وإطلاقاً وتشغيلاً بين جميع الأنواع المختلفة من الأقمار الاصطناعية ذات الاستخدام السلمي، فهي أقمار تدور في مدارات ثابتة ومتزامنة مع الأرض، مما يعني بعدها عن الأرض، وكبر حجمها، وحاجتها إلى حماية متقدمة ضد الإشعاع والظروف الفضائية الأخرى، وبالتالي زيادة في تكاليف إنتاجها وإطلاقها.

● **أقمار الأغراض العسكرية**

تقوم بعض الدول المتقدمة باستخدام أقمار الاستشعار عن بعد وأقمار الاتصالات المختلفة بعد تعديلها لاستخدامها في المجالات العسكرية للتنصت ومتابعة نشاطات الدول المختلفة، وكذلك لتأمين أنظمة اتصال مشفرة لقطاعاتها العسكرية. وتصبح عمليات التصنيع والاختبار والإطلاق في هذه الحالة باهظة جداً، وتتسم بالسرية التامة. وتشكل أقمار تحديد المواقع الدقيقة أنظمة لها استخدامات مدنية في أنظمة الملاحة المختلفة، وعسكرية مثل توجيه الصواريخ إلى أهدافها.

تصميم وإنتاج الأقمار

يمر تصميم وإنتاج الأقمار الاصطناعية بمراحل عدة تسير في نسق متشابه بغض النظر عن نوعية القمر المصنع أو طبيعة مهمته، ويمكن تحديد عشر مراحل للإنتاج تبدأ بدراسة متطلبات المستخدم النهائي للقمر، وتنتهي بمراجعة كاملة لاختبارات القبول النهائية لأجل إثبات جاهزية القمر للإطلاق. وفيما يلي عرض مختصر لما يتم عمله في كل مرحلة:-

● **المرحلة الأولى**

تبدأ المرحلة الأولى من عملية الإنتاج بأن يحدد الفريق الفني الخاص بتصميم وإنتاج القمر - بعيداً عن معامل الأقمار الاصطناعية - متطلبات المستخدم النهائي (User Requirement Specifications - URS)، ويجب على المستفيد النهائي توضيح المهام التي سيقوم بها القمر، والمواصفات الفنية الأساسية له، ويحدد العمر الافتراضي للقمر والتكاليف المتوقعة للتشغيل. وتكون المتطلبات موثقة في مستند يسمى «متطلبات المستخدم» ويكون المرجع الأساس لأي اختلاف قد ينشأ لاحقا بين الطرفين. ولتلافي أي اختلاف في تفسير المتطلبات يقوم الطرفان بمناقشتها من خلال اجتماعات دورية يتم فيها الاتفاق على كتابة بيان مهمة القمر الرئيسية (Mission Statement) ويجب على رئيس الفريق الفني إبراز البيان للجميع والتأكد من أن العمل يسير بناءً على ذلك.

● **المرحلة الثانية**

تشتمل المرحلة الثانية على تحليل مهام القمر (Mission Analysis)، حيث يقوم الفريق الفني بدراسة بيان مهمة القمر، ومتطلبات المستخدم بشكل دقيق، وما هي الأهداف التي يجب تحقيقها؟ ولماذا؟؛ وذلك لكي يتم تحديد ما يحتاج القمر إلى إنجازه، كما يجب تحديد الجودة التي تتحقق بها الأهداف مع أخذ مايلي بالاعتبار:

- احتياجات الفريق.
- التقنيات المطلوبة والمتاحة.
- الحدود المسموحة بها للتكلفة.

وينصح في هذه المرحلة المبكرة من المشروع وضع المتطلبات كأرقام محددة قابلة للمفاضلة والمبادلة (tradeoffs) وتفادي تثبيتها.

تبدأ بعد ذلك عملية تطوير مفاهيم مختلفة لتنفيذ المهمة، وتشمل التصور المبدئي للعمليات التي يمكن أن يقوم بها القمر لتحقيق الأهداف. حيث توضح عمليات القمر من نقل وتخزين المعلومات إلى أساليب التحكم به في كل مفهوم مقترح. وقد تختلف المفاهيم المقترحة في نوعية المدار الذي يجب استخدامه، والمراحل الزمنية، والتسلسل لعمليات التصميم والإنتاج.

يتم بعد ذلك تعريف مجموعة خيارات تتفاوت من ناحية عناصر المهمة الفضائية أو هيكلها. فمثلا يتم تحديد عدة خيارات حول كيفية إيصال القمر إلى مداره والجهة المنفذة، وانعكاسات ذلك على تصميم القمر والتكلفة النهائية. كما توضع تصاميم مختلفة للمحطات الأرضية المناسبة، وتحدد نوعية عمليات التحكم واستقبال البيانات (تباعاً لذلك).

تحدد التكاليف الأساسية لكل مفهوم من مفاهيم المهمة، والعوامل الرئيسة المؤثرة على الأداء: كعدد الأقمار المطلوبة، والطاقة الكهربائية اللازمة، ونوعية وارتفاع المدار، وحجم الحمولة ووزنها. وبتحديد عدد معقول من هذه العوامل يمكن تركيز الجهد التحليلي عليها لدراسة تأثيرها على التصميم، وبالتالي على التكلفة الكاملة للمشروع، مما يساعد على الوصول إلى التصاميم بالميزانية المتاحة.

تنتهي هذه المرحلة بالقيام بتحديد مفهوم المهمة المناسبة وتفصيل مايلي:

- ماهية القمر المراد تصنيعه.
- ما المهام التي يجب القيام بها.
- العمليات التي يجب أن تتم على القمر والعمليات التي تتم في المحطة الأرضية.
- المدار المناسب للمهام المطلوبة.
- التقنيات المتاحة للمصممين.
- ارتباط المهام بأنظمة محددة على القمر أو في المحطة الأرضية والميزانيات المتوفرة.



● **المرحلة الثالثة**

تشمل المرحلة الثالثة وضع مواصفات أنظمة القمر الفنية(System Specifications) وتسمى أحيانا مرحلة وضع المتطلبات الفنية الأساسية (Requiement Baseline)، والتي تنتج العديد من الوثائق التي

تصف بالأرقام المواصفات الهيكلية والوظيفية لأنظمة القمر المختلفة والعلاقات بينها. وتكون هذه الوثائق المرجع الأساس لتقييم تأثير القرارات الفنية المنفذة على آلية المطابقة مع المواصفات، ويمكن وضع الخطوات التالية للوصول إلى المتطلبات الفنية الأساسية:

- ترجمة متطلبات المستخدم النهائي إلى خصائص وظيفية ومزايا نظام.
- تحديد المتطلبات الوظيفية والبدء في تقسيمها إلى عناصر محددة.
- تحديد الانسياب الوظيفي وتحديد معايير الأداء لكل وظيفة.
- ترجمة الخصائص الوظيفية إلى مواصفات تقنية قابلة للقياس، والتي بدورها تصبح المتطلبات الأساسية من الأنظمة الحقيقية المطلوب تصنيعها.
- إنشاء رسم تخطيطي يوضح بجلاء جميع العلاقات بين الأجهزة الفعلية والبرمجيات وتمثيل البيانات على مستوى النظام ككل.
- تقسيم المتطلبات الوظيفية إلى متطلبات فرعية على عدة مراحل حتى الوصول إلى مستوى وظيفي محدد يتم تنفيذه بعنصر واحد فقط.
- إعادة تنفيذ ما سبق حتى يتم التأكد من شمولية المواصفات لمتطلبات المستخدم النهائي وقدرة العناصر المكونة للنظام من تنفيذه.
- اعتماد المواصفات الفنية بشكل رسمي ووضعها تحت إدارة التحكم بالتصميم والمستندات (Configuration Management).

● المرحلة الرابعة

تتمثل المرحلة الرابعة في عمل التصاميم الأولية لأنظمة القمر (Preliminary Design Phase)، حيث يبدأ العمل الجماعي لكل أفراد الفريق الفني بعمل التصاميم الأولية لكل نظام من أنظمة القمر انطلاقاً من المواصفات الفنية الرئيسة. ويضع الفريق الفني عدة مقترحات تصميمية للمفاضلة والمبادلة بينها واختيار الأنسب، ويكون التواصل بين الأعضاء في أعلى مستوياته في هذه المرحلة لما يتطلبه التصميم الأولي للقمر من تنسيق بين الأنظمة المختلفة والحرص على



● فريق عمل يتابع تصميم وتجميع قمر صناعي.

تفادي التعارض الكبير بين مواصفات نظام جزئي وآخر. فمثلاً يتطلب فريق الهيكل الكثير من المعلومات الأولية من كل نظام جزئي للقمر للوصول إلى تصور مبدئي لحجم ووزن القمر، كما يتطلب تصميم الألواح الشمسية تصوراً مبدئياً عن كمية الطاقة المطلوبة. ويستفاد من أنظمة المحاكاة المختلفة وبعض البرمجيات الخاصة للحصول على أدق القياسات للوصول إلى تصور مبدئي متكامل لكافة أنظمة القمر.

يتم تصميم الدوائر الإلكترونية المختلفة وتصنيعها بشكل مبسط مع مراعاة طبيعة المنتج النهائي، وتجرى اجتماعات عديدة لمناقشة كل نظام على حدة إلى أن يتم الوصول إلى التصميم الأولي المناسب لها.

وتختتم هذه المرحلة بتوثيق التصاميم الأولية، وآلية اختبارها، والنتائج المتوقعة، واختبار التصميم المقترح، والذي على ضوئه يقرر الاستمرار فيه من عدمه، وتجرى العديد من الاجتماعات الرسمية التي يطلق عليها اجتماعات التصاميم الأولية (Preliminary Design Reviews-PDR).

● المرحلة الخامسة

يتم في هذه المرحلة عمل التصاميم النهائية لأنظمة القمر (Critical Design Phase)، حيث يقوم كل فريق بالتركيز على تنقيح التصميم وإعادة تصنيع الأنظمة الإلكترونية باستخدام قطع إلكترونية خاصة، ويهتم بشكل كبير في شكلها وتوزيعها لتتناسب مع المتطلبات البيئية لأنظمة الفضاء. كما يتم في هذه المرحلة وضع التصاميم النهائية، وتحديد مواصفاتها الفنية ومدى مطابقتها للمواصفات الفنية الأساسية للقمر. وهنا تكون عملية توثيق التصميم في أوجها بإصدار المستندات المختلفة - لكل نظام - التي تصف بشكل دقيق كل ما يتعلق به من خصائص ميكانيكية وكهربائية وإلكترونية وبرامجية. وتشمل كذلك طرق الاختبار اللازمة للتأهيل والقبول.

تكتمل هذه المرحلة بعرض وتوثيق التصاميم النهائية وآلية اختبارها والنتائج المتوقعة، وتجرى العديد من الاجتماعات الرسمية التي يطلق عليها اجتماعات مراجعة التصاميم النهائية (Critical Design Reviews- CDR).

وبمجرد اعتماد التصاميم النهائية بشكل رسمي يتم وضعها تحت إدارة التحكم بالتصميم والمستندات (Management Configuration).

ومن الجدير بالذكر أنه بعد هذه المرحلة لايمكن تعديل أي مواصفة أو تصميم بدون استخدام الاجراءات المتبعة للتعديل في إدارة التحكم بالتصميم والمستندات مثل مقترح تعديل هندسي (Engineering Change Proposal-ECP) حيث تتم دراسة المقترح وأثر التعديل المطلوب على مدة وتكلفة المشروع قبل الموافقة أو الرفض.

● المرحلة السادسة

تتمثل المرحلة السادسة بعملية تصنيع أنظمة القمر واختبار تأهيلها (Qualification Model Phase-QM-1) ، حيث تبدأ بعمليات التصنيع الرئيسة لجميع أنظمة القمر، وذلك بعد اكتمال مرحلة التصميم والتنقيح النهائية. وتتسم هذه العمليات باستخدام قطع ومواد تتناسب مع البيئة الفضائية وهي باهظة التكاليف، ويتم التعامل معها وفق إجراءات صارمة من حيث النظافة والكهرباء الساكنة بشكل رئيس. ثم تُصَف جميع القطع، وتُرقم، وبعد ذلك تُخزَّن في ظروف بيئية مناسبة.

يجري بعد ذلك تجميع كل نظام في القمر على حدة باستخدام الأجزاء المناسبة، ومن ثم تُجرى الاختبارات التأهيلية الخاصة بأنظمة الأقمار الاصطناعية، والتي قد تشمل:

- الاهتزازات الميكانيكية لمحاكاة ظروف الإطلاق.
- التذبذب الحراري مع التفريغ الهوائي لمحاكاة التغيرات الكبيرة في درجات الحرارة في المدار.

- التوافق الكهرومغناطيسي الشامل للتأكد من حماية النظام من التداخل الكهرومغناطيسي وعدم تسببه في ذلك.
- التعرض للإشعاع بجرعات معجلة.

يجب التنويه هنا إلى أن هذه الاختبارات تُجرى ضمن الحدود القصوى المتوقعة في الفضاء، والتي يحتمل أن يتعرض لها القمر في فترات قصيرة فقط، وقد ينتج عن هذه الاختبارات بعض الضرر لهذه الأنظمة. ويجب أن تتم الاختبارات الوظيفية لأنظمة القمر تحت هذه الظروف البيئة للتأكد من قدرتها على القيام بوظائفها.

يقوم كل فريق فني بتوثيق وعمل كل التعديلات الفنية اللازمة ونتائج الاختبارات التي تمت. وتكتمل هذه المرحلة بعرض وتوثيق الأنظمة المتأهلة ونتائج اختبارها من خلال اجتماعات رسمية يطلق عليها اجتماعات مراجعة الاختبارات التأهيلية (Qualication Reviews-QR). ويتم تخزين القطع المتأهلة المجمعة بعد تصنيفها وترقيمها. وبمجرد اعتماد النتائج النهائية بشكل رسمي؛ يتم وضعها تحت إدارة التصميم والمستندات (Configuration Management).

● المرحلة السابعة

يتم في هذه المرحلة تجميع الأنظمة المكونة للقمر واختبار تأهيله (Qualification Model Phase-QM-2) في صورته النهائية تحت ظروف بيئية عالية النظافة، وتحت حماية صارمة ضد الكهرباء الساكنة. ولايتم تركيب جميع الأنظمة المكونة للقمر، حيث تركب الأنظمة بدون تكرار. فمثلاً لا يتم تركيب جميع مجسات قياس سرعة الدوران، بل يكتفى بمجس واحد ويوضع بدلاً عن المجسات الباقية قطع مكافئة لها ميكانيكياً.

وتجرى الاختبارات التأهيلية مرة أخرى على القمر ككل. ويجري القيام بالاختبارات الوظيفية للقمر تحت هذه الظروف البيئة للتأكد من قدرته على القيام بوظائفه. ويتم توثيق وعمل كل التعديلات الفنية اللازمة ونتائج الاختبارات التي تمت وعرضها من خلال اجتماع رسمي يطلق عليه اجتماع مراجعة الاختبارات التأهيلية للقمر (Satellite Qualification Review -SQR). وهنا كذلك يتم اعتماد النتائج النهائية بشكل رسمي ووضعها تحت ادارة التحكم بالتصميم والمسندات (Configuration Management).

● المرحلة الثامنة

تعاد جميع العمليات التي أجريت في المرحلة السادسة لتصنيع جميع أنظمة القمر واختبار قبولها (Flight Model Phase- FM-1)، وتتسم هذه الاختبارات بأنها ضمن الحدود المتوقعة للبيئة الفضائية التي ستعمل فيها هذه الأنظمة. ويتم عمل هذه النوعية من الاختبارات على جميع الأنظمة حتى المتكررة منها. ويجري القيام بالاختبارات الوظيفية لأنظمة القمر تحت هذه الظروف البيئة للتأكد من قدرتها على القيام بوظائفها.

يقوم كل فريق فني بتوثيق وعمل كل التعديلات الفنية اللازمة ونتائج الاختبارات التي تمت. وتكتمل هذه المرحلة بعرض وتوثيق الأنظمة المقبولة ونتائج اختبارها من خلال اجتماعات رسمية يطلق عليها اجتماعات مراجعة اختبارات القبول (Acceptance Reviews-AR).

يتم تخزين القطع المقبولة المجمعة بعد تصنيفها وترقيمها. وبمجرد اعتماد النتائج النهائية بشكل رسمي يتم وضعها تحت إدارة التحكم بالتصميم والمستندات (Configuration Management).

● المرحلة التاسعة

تتمثل هذه المرحلة في تجميع القمر واختبار قبوله (Flight Model Phase- FM-2)،



● تجميع القمر في مراحله النهائية.

ويمكن تجميعه في صورته النهائية بتكامل الأنظمة المكونة له في المرحلة الثامنة تحت ظروف بيئية عالية النظافة، وتحت حماية صارمة ضد الكهرباء الساكنة. وهنا يتم تركيب جميع الأنظمة المكونة له.

تجرى اختبارات القبول على القمر ككل مرة أخرى بالمدى نفسه. ويجري القيام بالاختبارات الوظيفية للقمر تحت ظروف بيئية للتأكد من قدرته على القيام بوظائفه. ويتم توثيق وعمل كل التعديلات الفنية اللازمة ونتائج الاختبارات التي تمت وعرضها من خلال اجتماع رسمي يطلق عليه اجتماع مراجعة اختبارات القبول للقمر (Satellite Acceptance Review-SAR). وهنا يتم اعتماد النتائج النهائية بشكل رسمي ووضعها تحت إدارة التحكم بالتصميم والمستندات (Configuration Management).

● المرحلة العاشرة

تمثل هذه المرحلة المراجعة النهائية لجاهزية القمر للإطلاق (Flight Readiness Review-FRR)، وفيها يتم عمل مراجعة نهائية للقمر وعمل اختبارات خاصة باستخدام تجهيزات المحطات الأرضية الحقيقية، وذلك بعد الانتهاء من جميع الاختبارات الوظيفية للقمر ودراسة الأداء ومطابقته لمتطلبات المستخدم. كما يتم في هذه المرحلة عمل جميع السيناريوهات المتوقعة أثناء عملية تدشين القمر - بحسب خطة عمل واضحة ومحددة - للتأكد من خلوه من أي عيوب أو خلل.

يجب أن تعاد المراجعة في موقع الاطلاق للتأكد من سلامة القمر من آثار النقل من موقع التصنيع إلى موقع الإطلاق.

معامل إنتاج واختبار الأقمار

يتطلب إنتاج الأقمار الاصطناعية معامل خاصة تعتمد مواصفاتها على طبيعة وأهمية مراحل التصنيع. وبناءً عليه يمكن تصنيف تلك المعامل على النحو التالي:

● ورش الإعداد والتهيئة والتصنيع الميكانيكية

تشتمل هذه الورش على الآلات الرئيسة للأشغال الميكانيكية عالية الدقة كالخراطة والفرز وحفر الثقوب، وقد تستبدل تلك بآلات


● (CNC) أجهزة صغيرة للبرمجة والتشغل متعدد الأغراض.


● هيكل القمر سعودي سات.

للبرمجة والتشغيل الذاتي مثل: سي إن سي (Computer Numeric Control-CNC) بحيث تحول الرسومات الهندسية إلى لغة آلية، ومن ثم يتم التشغيل الذاتي لها والحصول على المنتج. ومن أهم وأعقد مهام التصنيع في القمر الاصطناعي هو الهيكل، وخاصة الجزء السفلي منه لما له من علاقة أساسية بقاعدة منصة الإطلاق المخصصة لتثبيت الأقمار داخل بوتقة الصاروخ. كما تشمل تلك الورش أماكن حفظ العدد الميكانيكية الخاصة بالتصنيع.

● ورش الإعداد والتهيئة والتصنيع الإلكترونية

تتضمن هذه الورش معدات فحص سلامة الألواح الإلكترونية الخام (Printed Circuit Board-PCB)، كما تتضمن ورش الإعداد والتهيئة والتصنيع الإلكترونية الخاصة بأنظمة القمر. تصمم الورش على أساس التخلص من الدخان المتصاعد أثناء القيام بمهام اللحام. كما تحتوي هذه المنطقة على أجهزة القياس الكهربائية لفرق الجهد وشدة التيار وأجهزة السيليسكوب (Oscilloscopes). عند الانتهاء من مرحلة اللحام يتم غسل الألواح بمحاليل كيميائية خاصة والتأكد من إزالة الشوائب العالقة لما لها من آثار سلبية مثل الالتماس الكهربائي، وتلف بعض القطع الإلكترونية أو اللوح الإلكتروني بأكمله. تجفف تلك الألواح عند جهازيتها، ومن ثم تحفظ في منطقة الغرف النظيفة إلى حين استخدامها.

● منطقة الاختبارات الأرضية

نظراً لتعدد الاختبارات الأرضية لأنظمة القمر أو القمر بأكمله فقد عنيت المؤسسات والشركات المتخصصة بوفير البنية التحتية لاستيعاب كافة الأجهزة والمعدات اللازمة لها، والتي يمكن توضيحها كالتالي:

- جهاز التفريغ الآلي.
- جهاز اختبار الاهتزازات.
- جهاز اختبار التذبذب الحراري.
- منطقة اختبار التداخلات والتكافؤ المغناطيسي.
- الغرف النظيفة كمنطقة تجميع أنظمة القمر.


● جهاز قياس نسبة العوالق.

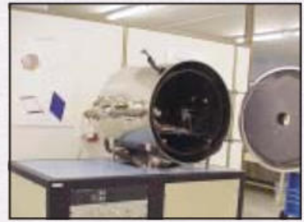
يتميز القمر الاصطناعي عن غيره من الصناعات المتقدمة الأخرى بوجوده في بيئة فضائية لها جاذبية أرضية متدنية جداً.

يجب توفير غرف نقية من العوالق الهوائية لتفادي أي ضرر قد يلحق بكفاءة المنتج وخاصة قمر الإطلاق، مثل ذرات الغبار والرائش المتبقي من عمليات التشغيل الميكانيكي؛ لأنها قد تسبب فشل مهمة القمر بأكملها إذا ما ساعدت تلك العوالق في حدوث التماس كهربائي، خصوصاً في حالة التصاقها - مثلاً - بين أرجل أحد الشرائح الإلكترونية الدقيقة، مما يسبب تلفها أو تلف اللوح الإلكتروني برمته.

تختلف الغرف النظيفة من حيث نقاوة أجوائها من عوالق الهواء المتعددة المصادر ويتم تصنيفها على أساس عدد الذرات العالقة (ذرات الغبار في مجملها) في البوصة المكعبة، وقد صممت أجهزة خاصة لهذا الغرض. وبشكل عام يمكن حفظ وتجميع أنظمة القمر في مستوى نظافة يصل إلى مستوى - ١٠,٠٠٠ مايعني إمكانية تواجد عوالق هوائية بمعدل ١٠٠٠٠ ذرة بحجم أكبر من نصف مايكرومتر قطر في البوصة المكعبة.

● منطقة فحص واختبار العدسات

يجب أن تكون منطقة فحص واختبار وموازنة العدسات المكونة لحمولة القمر من أنقى أماكن التجميع والاختبار لماقد تسببه العوالق الهوائية من انعكاسات للحزم الضوئية وعدم دقة الاختبارات. لذلك عنيت هذه المنطقة باهتمام من حيث النظافة والتصميم يتناسب مع مهام اختبار العدسات وتجميعاتها. تصمم هذه المنطقة بدرجة نظافة تصل إلى مستوى - ١٠٠٠ ما يعني إمكانية تواجد عوالق هوائية بمعدل ١٠٠٠ ذرة بحجم أكبر من نصف مايكرو متر قطري في البوصة المكعبة.


● جهاز اختبار التفريغ الهوائي.


● جهاز اختبار الاهتزازات.


● تجميع القمر سعودي سات بالغرفة النظيفة بالمدينة.

إطلاق الأقمار الاصطناعية

د. خالد الدكان / د. محمد الماجد

تُحمل الأقمار الاصطناعية عن طريق وسيط يساعدها للوصول إلى مدارات فضائية (Orbits) معينة حول الأرض، لتسير فيها بسرعات وفترات زمنية تتناسب ومقدار ارتفاعها عن مستوى سطح الأرض. وقد تُوضع الأقمار في مدارات مؤقتة (Transfer Orbits) لإتمام انطلاقها إلى مداراتها النهائية كما هو الحال في مدارات الأقمار الثابتة (Geostationary Orbits). وبسبب تدني الجاذبية وضعف المؤثرات الجانبية كمقاومة الهواء (Air Drag) والضغط الشمسي (Solar Pressure) عند الارتفاع؛ تزوّد هذه الأقمار بأنظمة دفع (Propulsion Systems, Thrusters) تساعدها على الانطلاق من مداراتها المؤقتة إلى مداراتها الثابتة.

تعد محاولة اختراق مجال الجاذبية الأرضية صعوداً من أكبر عوائق إطلاق الصواريخ والمركبات الفضائية الحاملة للأقمار الاصطناعية. ويرجع السبب في ذلك إلى أن هذا الاختراق يحتاج إلى حرق كميات كبيرة من الوقود ـ تزيد عن الثمانين بالمئة من الوزن الكلي للصاروخ ـ للحصول على سرعة إطلاق يصل مداها إلى ٤٠ ألف كيلومتراً في الساعة تقريباً، وتسمى هذه السرعة بسرعة الانفلات (Escape Velocity).

وعند وصول الصاروخ إلى ارتفاعات وسرعات محددة مسبقاً، تنفصل الأقمار عنه بشكل متتابع لتوضع في مداراتها حول الأرض، بحيث تكون سرعاتها الخطية أكثر من ٧ كيلومتر في الثانية الواحدة.

أساليب إطلاق الأقمار الاصطناعية

تتنوع أساليب إطلاق الأقمار الاصطناعية، وتتفاوت بحسب التقنيات والاستخدامات وطبيعة المهمة والمدار، شكل (١).

هناك طرق متعددة لتمكين الأقمار الإصطناعية من الوصول إلى مدارتها، ومنها :

● المكوك الفضائي

يتميز المكوك الفضائي أو ما يعرف بالمركبة الفضائية (Space Shuttle) بأن له القدرة على العودة إلى الأرض بعد إنهاء مهمته واستخدامه مرة أخرى. يتكون المكوك الفضائي من ثلاثة أجزاء رئيسية، هي:

١ـ المركبة المدارية لحمل رواد الفضاء، والأقمار الاصطناعية.

٢ـ خزان خارجي لاستيعاب كميات الوقود اللازمة لتشغيل عدد من المحركات في مؤخرة المكوك.

٣ـ صاروخان، ويعملان ـ عادة ـ بالوقود الصلب (Solid Fuel) لتمكين المكوك وطاقمه البشري والمحركات المرفقة معه ـ عدا الصواريخ المساعدة على إخراجه من محيط الغلاف الجوي وخزان الوقود الضخم ـ من التغلب على الجاذبية وتجاوز مجال الغلاف الجوي.

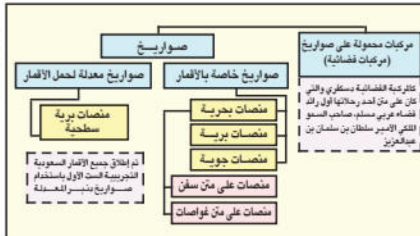
يعود المكوك إلى الأرض بعد إتمام مهامه المتعددة كإطلاق الأقمار الاصطناعية المحمولة بداخله، أو أعمال الصيانة لأقمار على رأس العمل أو بعض التجارب العلمية لرواد الفضاء بداخله.

يتم التحكم بالمكوك الفضائي عند الإطلاق والهبوط بواسطة رواد الفضاء عن طريق الاتصال المباشر والتحكم الآلي من خلال المحطات الأرضية، فعند البدء بإطلاق المكوك يتم استهلاك الوقود الصلب من قبل الصواريخ الحاملة له بغرض تجاوز الغلاف الجوي ومقاومة الجاذبية بسرعات محددة. وبعد فترة وجيزة ـ تصل إلى الدقيقتين ـ يتم التخلص من صواريخ الوقود الصلب عن المكوك والاعتماد على المحركات وخزانات الوقود المساندة. وما أن يصل المكوك إلى ارتفاع معين ـ بعد زمن يصل إلى ثمان دقائق ـ يتم ايقاف المحركات والتخلص من الخزانات الفارغة من المكوك كنفايات فضائية؛ وتشغيل محركات صغيرة لتمكين المكوك من التحكم في مساره والتوجيه بشكل متقن، ويستمر المكوك في مداره كما لو كان قمراً اصطناعياً.

بعد ذلك تبدأ عملية إطلاق الأقمار المحمولة، وإتمام بقية المهام من صيانة لأقمار أو تجارب علمية أخرى، يبدأ المكوك رحلة العودة إلى الأرض، وذلك بعكس اتجاهه وتشغيل محركاته لتقليل سرعته، مما يؤدي به إلى مغادرة مداره إلى مدار أدنى منه، إلى أن يصل إلى مجال الغلاف الجوي، حيث يتم التحكم فيه من قبل رواده كما لو كان طائرةً اعتيادية، إلى أن ينتهي به المطاف بالهبوط على الأرض.

● الصاروخ

تعد الصواريخ من أقدم الطرق لإطلاق الأقمار الاصطناعية، ولكن من



● شكل (١) أساليب إطلاق الأقمار الاصطناعية.

عيوبها أنها لا يمكن إعادتها إلى الأرض مرة أخرى، حيث تلفظ مكوناتها في الفضاء.

تمتلك الصواريخ الحاملة لأقمار اصطناعية نظام توجيه وتحكم (Determination and Control system) دقيق ومعقد يغنيها عن العنصر البشري، كما هو الحال في المكوك الفضائي. فمن خلال هذا النظام يمكن تحديد موقع الصاروخ وارتفاعه والتأكد من موافقته للمسار المحدد له. يتكون الصاروخ من الأجزاء الرئيسية التالية:

* **نظم التوجيه:** وتعمل على تحديد اتجاه وسرعة الصاروخ واللتان تعدان من الأمور المهمة التي يجب معرفتها بشكل دقيق ومدروس خلال كامل الرحلة. ويتم تغيير سرعة الصاروخ عن طريق التحكم في كميات الوقود المختزن. وهناك طرق متعددة يمكن من خلالها توجيه الصاروخ والتي منها مايلي:-

- التوجيه المبرمج (Pre-Programmed Determination): وهو عبارة عن إعطاء خط السير الكامل للصاروخ قبل البدء في عملية الإطلاق، ويتم ذلك وفقاً لدراسات تتعلق بالجاذبية والطقس وحركة الرياح، حيث تؤثر هذه العوامل في كل من تحديد سرعة الصاروخ، وزاوية الإطلاق، وتغيير اتجاهه خلال مسيرته للوصول إلى المدار المطلوب.

تدرج هذه المعلومات ضمن معادلات رياضية وتحليلية في ذاكرة الحاسوب قبل الإطلاق، ويجب تفعيلها منذ لحظة الإطلاق الأولى. ولذا يلزم لتطبيق هذه الطريقة جهاز توقيت دقيق؛ إضافة إلى أجهزة ومجسات أخرى لإعطاء أوامر تحكم خلال فترات زمنية معينة لغرض توجيه الصاروخ. ومن سلبيات هذه الطريقة أنه من الصعب تلافي بعض التغيرات الطارئة التي لم تدرج ضمن المعطيات المحددة سلفاً.

- التوجيه اللاسلكي، ويعتمد على الرادارات وأجهزة اتصال المحطة الأرضية، ويتم من خلال استمرار إرسال أوامر للصاروخ خلال رحلة الإطلاق إلى أن يتم انفصال آخر قمر اصطناعي محمول عليه.

يتم في هذه الطريقة حساب الاختلاف



● المكوك الفضائي الأمريكي أتلانتس أثناء مرحلة الهبوط.

بين وضع الصاروخ الحقيقي والمسار المراد اتباعه، ومن ثم إعطاء أوامر لتعديل هذا المسار. وعلى الرغم من أن هذه الطريقة توفر الاتصال اللاسلكي مع المحطة الأرضية، إلا أنها لا تعتبر توجيهاً دقيقاً نظراً لسرعة الصاروخ العالية.

- التوجيه الميكانيكي الدقيق: ويتم باستخدام أجهزة دقيقة لتحديد موقع الصاروخ خلال رحلة الإطلاق كاملة، حيث يعمل جهاز مثل الجايرو سكوب على تحديد وضع الصاروخ ومنها سرعاته الزاوية، وكذلك جهاز قياس التسارع وتكاملاته (سرعة ومسافة). يتم مقارنة معلومات المجسات مع الحالة المرغوب فيها والمخزنة في حاسب الصاروخ وذلك لمحاولة إبقاء الصاروخ في مساره المطلوب.

* **نظام التحكم:** وتعد مرحلة التنفيذ الفعلي للصاروخ الذي ينتج عنه تغيير سرعته واتجاهه بناءً على أسلوب تحكم متقن. ومن الطرق المساعدة على تغيير مسار الصاروخ وجود ما يلي:-

١- الأطراف الهوائية (airfoils): وهي تسعى بحركتها إلى تغيير اتجاه الصاروخ خلال طيرانه ضمن مجال الغلاف الجوي.

٢- الزعانف النفاثة (Jetfans): ويتم من خلالها تغيير مسار الدفع النفاث قبل خروجه من محرك الصاروخ.

٣- محركات إضافية مساندة (Auxilary engines): وهي محركات صغيرة تساعد في تغيير اتجاه الصاروخ وفي عملية التحكم فيه.

٤- نفاثات الغاز (Gas jet): وهي نظم صغيرة لضخ الغاز توضع على سطح الصاروخ الخارجي لتوليد قوة دفع جانبية ومن ثم تكوين عزم لتغيير زاوية اتجاه الصاروخ.

٥- أنظمة الدفع المتأرجحة (Oscillatory Propulsion Systems): ويتم من خلالها تغيير مسار الدفع النفاث برمته حيث يتم تدوير المحرك بأكمله حول نقطة ارتكاز.

٦- أنظمة الدفع الثانوية (Auxilary): وتقوم بضخ غاز أو سائل داخل الجزء الأخير من مجرى النفاث الرئيسي لتغيير مسار الغاز المندفع من النفاث بزاوية معينة، مما يغير في اتجاه الصاروخ نتيجة لذلك.

مكان الإطلاق

يعد مكان الإطلاق ومدى ملاءمته لظروف الإطلاق من الأمور المهمة والمؤثرة على تصميم الصاروخ، ومساره، وتحديد كميات الوقود الصلبة أو السائلة اللازمة لوصوله إلى المدار المطلوب. فمثلا: تعد الاستفادة من سرعة دوران الأرض وأوقات الإطلاق والظروف المناخية المحيطة بالصاروخ من العناصر المهمة في التصميم، حيث أن المكان المناسب يتيح توجيه الصاروخ شرقاً للاستفادة من سرعة دوران الأرض وإعطاء دفعة مجانية للصاروخ، وبالتالي التقليل من حرق الوقود.

يعتمد مقدار الدفعة الإضافية اعتماداً أساسياً على مكان الإطلاق، حيث تكون أكبر استفادة من سرعة دوران الأرض عند خط الاستواء، نظراً لطول المحيط، وبالتالي سرعة الأرض. فمثلاً: يعطي الاختلاف بين سرعة دوران الأرض من مركز الإطلاق الأمريكي (كنيدي) الواقع شمال خط الاستواء فرق سرعة تقل بمقدار ٢٣٠كيلومتر في الساعة عنه عند خط الاستواء. ورغم الفرق البسيط (في ظاهره) بين هذه السرعة وسرعة الصاروخ التي تقدر بآلاف الكيلومترات في الساعة، إلا أن ذلك له تأثير واضح في التقليل من كمية الوقود المستخدم، وحيث إن الأوزان الثقيلة تحتاج إلى حرق كمية وقود كبيرة للتسارع كي تصل السرعة إلى ٢٣٠كيلومتر في الساعة. ومن هنا تأتي أهمية الإطلاق من أماكن قريبة من خط الاستواء.

تجدر الإشارة إلى أن البعد السياسي والاستراتيجي قد يكون - أحياناً - الفيصل في تحديد مكان الإطلاق، فيجب على بلد الإطلاق مثلاً أخذ الموافقة المسبقة من دول الجوار



● الصاروخ ساترون ـ ف الأمريكي بمرحلتيه الأولى والثانية.

لأسباب أمنية وبيئية كثيرة. فقد يسقط الصاروخ أو أجزاء منه على تلك البلدان في حال فشل عملية الإطلاق أو بعد انتهاء دور بعض الأجزاء خلال عملية الإطلاق، لذلك نالت منصات الإطلاق المتنقلة (Mobile Launch Platform) ـ خاصة البحرية منها ـ أهمية كبرى فيما يتعلق بمحاولات تقليل كميات الوقود المستخدم وتجنب العديد من إشكاليات البعد السياسي والاستراتيجي.

مراحل احتراق الوقود

تختلف الصواريخ عن بعضها باختلاف عدد مراحل احتراق الوقود، فمثلاً يتم في صاروخ المرحلة الواحدة (Single stage rockets) حرق الوقود في خزان مستقل، وبعد نفاذ الوقود يتم التخلص من هذا الخزان. أما في الصواريخ متعددة المراحل (Multi stage rockets)، فهي تعد أعلى كفاءة من الصواريخ ذات المرحلة الواحدة من حيث الحصول على السرعات المطلوبة، وأسلوب التحكم فيها، حيث يوجد لها أكثر من خزان لاحتراق الوقود، وبالتالي يتم تفعيل المرحلة التالية بعد التخلص من خزان المرحلة التي قبلها، وهكذا.

منصة الصاروخ

تثبت الأقمار الإصطناعية على منصة الصاروخ (Rocket Platform) التي تقع في جزئه العلوي، وهي عبارة عن قرص دائري يستخدم كوصلة بين الصاروخ والأقمار المحمولة بداخل بوتقته العليا (Space Head Module)، حيث يتم تثبيت الأقمار عليها بناء على دراسات فنية وهندسية حسب توزيع الأحمال؛ كي لايؤثر ذلك سلباً على خط سير الصاروخ بعد الإطلاق. إضافة إلى ذلك فإنه يؤخذ بالاعتبار سلامة القمر عند تعرضه لظروف الإطلاق أو الانفصال. يتم دراسة نظام تثبيت وانفصال كل الأقمار ووضع التسلسل المناسب لأولوية انفصالها عند وصول الصاروخ إلى المدار المطلوب، حيث إن أي خلل في تثبيت أحد الأقمار قد ينتج عنه فشل الإطلاق برمته.

تجرى الاختبارات الأرضية لكل الأقمار الاصطناعية المراد إطلاقها ليتم التأكد من قدرة تحملها لظروف الإطلاق وسلامة نظم الانفصال. وتجرى هذه الاختبارات بواسطة الجهة المصنعة لمنصة الصواريخ، وهي كما يلي:-

● اختبارات التثبيت الميكانيكي

تأتي اختبارات التثبيت الميكانيكي (Fit-Check Test) في مقدمة الاختبارات، وتهدف إلى التأكد من مطابقتها للمواصفات الهندسية المنصوص عليها، وضمان سلامة التثبيت، وعدم وجود أي تعارض بينها وبين المجسمات الممثلة للأقمار التي لها نفس الصفات الفيزيائية للأقمار الفعلية الرئيسية من حيث سلامة التثبيت والأبعاد والأحجام المذكورة في المواصفات.

يعتمد نظام التثبيت على الجزء الرابط بين الجزء السفلي من القمر ومنصة الصاروخ، لذلك يصمم هذا الجزء بحيث يكون قادراً على حمل القمر وموافقاً لمواصفات منصة الصاروخ ونظام الانفصال المصمم.



● مراحل اختبار التثبيت للأقمار المشاركة متضمنة بعض الأقمار السعودية.



● طريقة التثبيت للقمر السعودي.

وعند التثبيت النهائي استعداداً لعملية الإطلاق، فإنه لا يسمح بتشغيل الأقمار المحمولة أو الاتصال بها وهي بداخل الصاروخ لكي لاتتأثر أنظمة الصاروخ، كما تؤمن وسائل مناسبة لشحن بطاريات الأقمار أثناء بقائها داخل الصاروخ وحتى مرحلة الإطلاق.

● اختبارات الاهتزازات

يتم اختبار الاهتزازات (Vibration Test) المشابهة لظروف الإطلاق بعد الفحص الفيزيائي الدقيق لنظم التثبيت، حيث تؤخذ القراءات من كل الأقمار للتأكد من عدم وجود أي خلل في نظام التثبيت أو أي تصادم بين أجزائها وخاصة المرنة منها كالهوائيات أو صفائح الخلايا الشمسية المنطوية، كما يلزم التأكد من عدم تأثير الأقمار المحمولة نتيجة اهتزازها على سلامة هيكل الصاروخ بواسطة الجهة المصنعة للمنصة.

● اختبارات الانفصال

تجرى اختبارات الانفصال (Separation Tests) للأقمار بعد اختبار الاهتزازات، وذلك للتأكد من طبيعة عمل نظام الانفصال، وموافقته للتصاميم الهندسية المنصوص عليها، فقد يؤدي انفصال القمر إلى اصطدامه

بالأقمـار المجـاورة؛ إذا لم يتم التـقـيـد بالخواص الفيزيائية للقمر، مثل: مركز الثقل وعزوم القصور الذاتي، وسرعات الدوران المنصوص عليها. كذلك يجب الأخذ في الإعتبار اختلاف نظم الانفصال من قمر إلى آخر، ومن ذلك الخواص الكهروميكانيكية التي عادة ما تكون للأقمار صغيرة الحجم، بحيث تعطي إشارة كهربائية من نظام التحكم للصاروخ لتحريك نظام التثبيت الميكانيكي، ومنها ما يحتوي على نظام دفع بالوقود الصلب أو السائل، وهذا ما يستخدم عادة للأقمار كبيرة الحجم.

مواقع إطلاق الأقمار الاصطناعية

تتعدد أماكن إطلاق الأقمار الاصطناعية على مستوى العالم، والتي في غالبيتها مطورة من محطات إطلاق صواريخ حربية. ويتصدر الإتحاد السوفيتي الأسبق والولايات المتحدة الأمريكية الدول المالكة لمنظومات إطلاق الصواريخ، وذلك للتقدم التقني لهما إبان الحرب الباردة. وتضم قائمة الدول المالكة لتقنيات الإطلاق أوربا، والصين، واليابان، والهند، وإسرائيل، والبرازيل، وكوريا الشمالية. ومن أشهر محطات إطلاق الصواريخ ما يلي:-

● محطة كورو، غوايانا الفرنسية

تتبع هذه المحطة وكالة الفضاء الفرنسية (Centre National d'Etudes Spatiales- CNES)، وهي إحدى محطات وكالة الفضاء الأوربية (European Space Agency, ESA) التي أنشئت عام ١٩٧٤م، حيث تعد سابع الوكالات الفضائية المتخصصة في إطلاق الأقمار الاصطناعية، وقد تم إطلاق أول قمر باسم كات (CAT) بواسطة صاروخ أريان. وتسعى الوكالة إلى إطلاق الصواريخ الحاملة للأقمار من هذه المحطة، حيث تعد هذه المحطة من أفضل الأماكن لإطلاق أقمار المدار الثابت وذلك لقربها من خط الاستواء حيث تقع على خط عرض ٥,٢ شمالاً وخط طول ٥٢,٨ غربا. وقد أعطت الحكومة الفرنسية الضوء الأخضر لأي حكومة لديها رغبة في إطلاق صواريخ خاصة بها لاستخدام هذه المحطة. وعلى ذلك تم أول اتفاق مع الحكومة الروسية لإنشاء منطقة إطلاق خاصة بصواريخ سايوز (Soyuz-2) لإطلاقها من هذه المحطة، وسيتم أول إطلاق لهذه الصواريخ من هناك بحلول عام ٢٠٠٨م.

● محطة كيب كانفيرال

بإنشائها محطة كيب كانفيرال في ولاية فلوريدا عام ١٩٥٨م أصبحت الولايات المتحدة الأمريكية ثاني دولة لديها القدرة على إطلاق أقماراً اصطناعية بداية بالقمر إكسبلورر-١ (Explorer-1) الذي أطلق بواسطة الصاروخ جيوبيتير - سي (Jupiter-C). وقد تزايدت نشاطات هذه المحطة إلى أن أصبحت تمتلك منظومة إطلاق صواريخ التيتان وأطلس ودلتا (Titan, Atlas, Delta) حتى تجاوزت



● أشهر أماكن الإطلاق العالمية.



● مراحل التجهيز لإطلاق صاروخ إريان ٥ من محطة كورو الفرنسية.

الخمسمائة إطلاق للفضاء بمعدل ٢٥ إلى ٣٠ إطلاقاً سنوياً. تقع هذه المحطة على خط عرض ٢٨,٥ شمالا وخط طول ٨١ غربا، وقد كانت خاصة بإطلاق الصواريخ البالستية (Ballistic missiles) خلال فترة الحرب الباردة.

● مركز كنيدي الفضائي

يقع هذا المركز بولاية فلوريدا بالقرب من كيب كانفيرال، ويطلق عليه بوابة الولايات المتحدة الأمريكية إلى الكون. يتم استخدام المركز من قبل وكالة ناسا الأمريكية لإطلاق وهبوط المركبات الفضائية. وقد تم إنشاؤه ليخدم منظومة أبولو (Apollo) خلال الستينات من القرن المنصرم. وبعد آخر إطلاق لأبولو في عام ١٩٧٢م طورت منظومة الإطلاق لتخدم اتحاد أبولو - سيوز (Apollo-Soyus) الروسي الصنع.

● بيكانور - كزمتروم كازاخستان

أصبح الاتحاد السوفييتي الأسبق عام ١٩٥٧م، الدولة الأولى في إطلاق قمر صناعي، والذي سمي سبوتنك-١. بدأت هذه المحطة بإطلاق الصواريخ الحربية منذ من عام ١٩٥٠م، وقد كان الإطلاق الفعلي من منطقة تايراتام الواقعة على مسافة ٤٠٠ كيلومتراً من بيكانور والتي تقع على خط عرض ٤٥,٦ شمالا وخط طول ٦٣,٤ شرقاً، ولكن لم يتم الإفصاح عن موقعها الفعلي إلا في عام ١٩٩٢م، لذلك استمرت التسمية بمحطة بيكانور. تعد هذه المحطة إحدى أكبر محطات الإطلاق

الروسية، حيث تحتوي على تسع منظومات إطلاق منها صواريخ: زينت، وأنيرجيا، وتسايكلون وبروتون إضافةً إلى خمس عشرة منصة. يعزى لهذه المحطة - ومازال - الفضل في إطلاق أولى رحلات المركبة الفضائية الروسية، وقد تم إطلاق جميع الأقمار السعودية الستة الأول من هذه المحطة.

● بلستسك - كزمتروم

أنشئت محطة الإطلاق بلستسك - كزمتروم عام ١٩٧٥م لإطلاق صواريخ مثل R7 القديمة. كانت هذه المحطة الفاعلة مع بدايات الصواريخ البالستية، والتي دخلت الخدمة في عام ١٩٦٠م. تقع محطة الإطلاق بلستسك على خط عرض ٦٢,٨شمالا وخط طول ٤٠,١شرقا، وتسمح هذه المحطة بإطلاق أقمار التجسس ذات المدار عالي البيضاوية (Highly Elliptical Orbit).

● مركز جيكوان للفضاء - الصين

أصبحت الصين عام ١٩٧٠م خامس الدول المطلقة للأقمار الاصطناعية، وكان أولها القمر ماو-١ الذي أطلق بواسطة الصاروخ مارس -١ (March-1). وقد بني هذا المركز في عام ١٩٦٠م في جيكوان على مسافة ١٨٠٠كيلومتر غرب بكين. يقع هذا المركز على خط عرض ٤٠,٦شمالا وخط طول ٩٩,٩شرقا، وله إطلاق محدود نظراً لقربه من أجواء روسيا ومنغوليا، مما حدد القدرة على الإطلاق لمدارات معينة نتيجة للاعتبارات السياسية. تميز هذا المركز أيضاً بإطلاق أول مركبة فضائية - شنزو-٥ (Shenzhou-5) - في عام ٢٠٠٣م برائد الفضاء **ينج لوي** مما جعل الصين تصبح ثالث دولة على مستوى العالم في إرسال إنسان إلى الفضاء.

فشـــل الإطـــــلاق

يعد فشل إطلاق الصواريخ من الأمور المتوقع حدوثها عند بداية العد التنازلي لأي عملية إطلاق. ويأتي الفشل - كنتيجة مجملة - عند تعذر وصول الأقمار إلى مداراتها الصحيحة بغض النظر عن الأسباب. فرغم تكلفة الإطلاق - تتراوح ما بين ١٥مليون دولاراً أمريكياً للصواريخ التقليدية، والمليار دولار لمركبات الفضاء - وما تحتوية تلك الصورايخ من أقمار تتراوح تكلفتها ما بين المليون دولار للأقمار التقليدية إلى المليار دولار أقمار التجسس، إلا أن ذلك لم يمنع من استمرار عمليات الإطلاق، فهي في صعود مستمر، ولذلك يسعى المهتمون في هذا الجانب إلى التقليل من نسب الفشل، وذلك بدراسة الأخطاء المصاحبة للإطلاق بشكل مستفيض والاستفادة منها ومحاولة تلافيها. بلغ عدد حالات الفشل في اطلاق الأقمار الإصطناعية ٤٥٥ قمراً اصطناعياً من عدد ٤٣٧٨ عملية إطلاق منذ عام ١٩٥٧م. تتصدر الولايات المتحدة الأمريكية تلك الدول في عدد العمليات الفاشلة، والتي تصل إلى ١٥٤عملية إطلاق تحتوي على ما يقارب ٢٠٥قمراً إصطناعياً، حيث كان عدد حوادث الفشل خلال العشر سنوات الأولى منذ عام ١٩٥٧م ما يقارب ١٠١عملية فاشلة، جدول (١).

الدولة	نجاح الإطلاق	فشل الإطلاق
أمريكا	١١٥٢	١٥٤
الاتحاد السوفيتي	٢٥٠٠	١٦١
أوربا	١١٧	١٢
الصين	٥٦	١١
اليابان	٦٢	٩
الهند	٧	٦
إسرائيل	٣	١
البرازيل	٠	٢
كوريا ش	٠	١
فرنسا	١٠	٢
بريطانيا	١	١
استراليا	١	٠

● جدول (١) فشل ونجاح إطلاق الصواريخ في بعض دول العالم.

أما عن أسباب فشل الإطلاق فهي متعددة المصادر، يعد الخطأ البشري على مختلف أنماطه ومراحله من أهم العناصر الأساسية لفشل الإطلاق، فالخطأ في مرحلة التصميم أو التنفيذ أو إدارة مهمة الإطلاق هي أمور يأخذ الدور البشري النصيب الأكبر فيها. ليس هذا فحسب، فعدم كفاءة أو نقاء المواد المستخدمة على أساس ما صمم له قد يؤدي بدوره إلى فشل الإطلاق.

يبلغ عدد عمليات الإطلاق الفاشلة نتيجة التسربات التي تحدث في خزانات الوقود ٣٩٠ عملية، ويعد عدم كفاءة نقاط اللحام من الأسباب الجوهرية لهذه التسربات، وبالتالي فشل الإطلاق، كذلك فإن فشل انفصال بعض الأقمار قد يؤدي إلى إفشال المهمة برمتها. ومن الأسباب المؤدية إلى انفجار الصاروخ بأكمله ما قد يحصل من تفاعل الوقود غير المتزن، كما حدث في إحدى المحاولات الأوربية والصينية. ويوضح الجدول (٢) إحصائية بأسباب فشل الإطلاق خلال الفترة من ١٩٨٠-١٩٩٩م في عدد من الدول.

الدولة	نظام الدفع	النظام الالكتروني	إنفصال	كهرباء	هيكل	أسباب اخرى	غير معروف	المجموع
أمريكا	١٥	٤	٨	١	١	١		٣٠
روسيا	٣٣	٣	٢			١	١٩	٥٨
أوربا	٧	١						٨
الصين	٣	١			٢			٦
اليابان	٢	١						٣
الهند	١	١	١	١		١		٥
إسرائيل	١							١
البرازيل	٢							٢
كوريا ش							١	١
المجموع	٦٤	١١	١١	٢	٣	٣	٢٠	١١٤
النسبة	٪٥٦	٪٩,٦	٪٩,٦	٪١,٨	٪٢,٦	٪٢,٦	٪١٧,٥	٪١٠٠

● جدول (٢) إحصائيات أسباب فشل إطلاق الصواريخ خلال الفترة (١٩٨٠ إلى ١٩٩٩م) في بعض دول العالم.

عالم في سطور

د. حمزة

● **الاسم:** أحمد أمين حمزة

● **الجنسية:** مصري

● **تاريخ الميلاد:** ٨/٣/١٩٤١م

● **التعليم**

–١٩٦١م بكالوريوس العلوم (فيزياء وكيمياء) جامعة عين شمس بتقدير عام جيد جداً مع مرتبة الشرف.

–١٩٦٤م دبلوم القياسات الضوئية من جامعة عين شمس.

–١٩٦٧م ماجستير في العلوم (فيزياء) من جامعة عين شمس.

–١٩٧٢م دكتوراه الفلسفة في العلوم (فيزياء) من جامعة عين شمس.

● **الأعمال**

ـ ١٩٧٢– ١٩٧٦م مدرس بقسم الفيزياء بكلية العلوم – جامعة المنصورة .

ـ ١٩٧٦–١٩٨١م أستاذ مساعد بقسم الفيزياء بكلية العلوم – جامعة المنصورة .

ـ ١٩٨١–٢٠٠١م أستاذ الفيزياء التجريبية بكلية العلوم – جامعة المنصورة.

ـ ١٩٨٤–١٩٨٦م رئيس قسم الفيزياء بكلية العلوم – جامعة المنصورة.

ـ ١٩٨٦–١٩٩٢م وكيل كلية العلوم – جامعة المنصورة – للدراسات العليا والبحوث.

ـ ١٩٩٢–١٩٩٤م نائب رئيس جامعة المنصورة لشئون خدمة المجتمع وتنمية البيئة.

ـ ١٩٩٤–٢٠٠١م رئيس جامعة المنصورة.

ـ ٢٠٠١م حتى الآن أستاذ الفيزياء المتفرغ ـ كلية العلوم ـ جامعة المنصورة. ـ مستشار علمي لأكاديمية طبية

● **الجوائز والأوسمة**

ـ ١٩٨٧م جائزة الدولة التشجيعية في العلوم الفيزيائية.

ـ١٩٩٢م جائزة جامعة المنصورة التقديرية في العلوم الأساسية.

ـ ١٩٩٥م نوط الامتياز من الطبقة الأولى من السيد رئيس جمهورية مصر العربية.

ـ ١٩٩٥م شهادة تقدير الرواد العلميين من أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا ونقابة المهن العلمية.

ـ ١٩٩٧م جائزة الدولة التقديرية فى العلوم الأساسية.

ـ ٢٠٠٠م الدكتوراه الفخرية من الجامعة التكنولوجية بليبريس ـ جمهورية التشيك.

ـ ٢٠٠١م الدكتوراه الفخرية من جامعة الطب الثاني بطشقند ـ جمهورية أوزبكستان لدوره فى توطيد العلاقات فى المجالات الطبية بين جامعة المنصورة والجامعات الأوزبكية.

تم اختياره في الموسوعة الدولية لسير الأشخاص (Who's Who) ثلاث مرات للأعوام (١٩٨٥ ، ١٩٩٣، ١٩٩٦م).

● **عضوية اللجان**

ـ ١٩٧٧– ١٩٨٢م عضو المعهد البريطاني للفيزياء.

ـ ١٩٧٧م زمالة الجمعية الملكية للمجهر بأوكسفورد – إنجلترا.

ـ ١٩٨٩م عضو الجمعية الدولية للبصريات ـ واشنطن.

ـ ١٩٩٥م عضو أكاديمية نيويورك للعلوم.

ـ ١٩٩٥– ٢٠٠١م عضو أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا ثم رئيساً لها.

ـ ٢٠٠١م نائب رئيس لجنة قطاع العلوم الأساسية التابع للمجلس الأعلى للجامعات، ثم رئيساً للجنة منذ مارس سنة ٢٠٠٤ وحتى الآن.

● **الإنجازات الإدارية والعلمية**

أنجز الكثير من المشروعات الكبرى في جامعة المنصورة في المجالات العلمية والتكنولوجية والطبية أثناء شغله لمنصب نائب رئيس الجامعة لشئون خدمة المجتمع وتنمية البيئة، وأثناء رئاسته لها.

له نشاط علمي تمثل في تأليف كتاب تحت عنوان "التداخل الضوئي والألياف" مشاركة مع الاستاذ الدكتور/ نايل بركات محمد، والذي أسهم إسهاماً كبيراً في المجالات التكنولوجية المتقدمة، ويعد المرجع الأساسي في القياسات الضوئية باستخدام طرق التداخل الضوئي وتطبيقها على الألياف. ترجم المؤلفان هذا الكتاب إلى اللغة العربية وصدر عن دار النشر للجامعات المصرية سنة ١٩٩٢م.

كما نشر ١٢٤ بحثاً في المجلات العلمية المتخصصة العالمية والمحلية تتعلق في مجالات تطبيقات التداخل الضوئي على الألياف النسيجية والألياف البصرية وقياس الألوان وفيزياء البوليمرات.

المصدر:

http://www.arabscientist.org/



تتألف منظومة الأقمار الاصطناعية من عدة أجزاء تتكامل بعضها ببعض لتؤدي الغرض المطلوب منها فيما يسمى بمهمة القمر. تختلف مهمات الأقمار الاصطناعية تبعا لحاجات الإنسان، ومنها ما هو للتصوير ومنها ما هو للاتصال إلى غير ذلك من الاستخدامات.

تحتاج هذه المنظومة بأجزائها المتعددة إلى تحكم و توجيه، ومتابعة إضافة إلى العناية بالقمر وصيانة مداره، والاستفادة من مهمته، ومن هنا نشأت أهمية المحطات الأرضية في كونها المتحكم الرئيسي في القمر الاصطناعي من لحظة انطلاقه، ومروراً باستقراره في المدار، وحتى انتهاء عمره الافتراضي أو سقوطه، كما أنها الرابط للمستفيدين من مهمة القمر.

تعتبر المحطات الأرضية من الأجزاء الرئيسية لنظام القمر الاصطناعي، فالقمر الاصطناعي لم يطلق ـ في الأساس ـ إلا لخدمة تكون على الأرض، بمعنى مبسط لابد من مخاطب أرضي للقمر. ونظراً لأن حجم ووزن القمر الاصطناعي يكون ـ في العادة ـ محدوداً لذلك لا يوضع فيه إلا الأجزاء المهمة جداً والقادرة على التكيف مع بيئة الفضاء الخارجي وباقي الأجزاء تكون على الأرض، أي في المحطة الأرضية.

أنواع المحطات الأرضية

تنقسم المحطات الأرضية حسب مهمتها إلى نوعين هما:

• محطات التحكم

يوجد لكل قمر محطة تحكم تقوم بمهام توجيهه خلال الإطلاق، والتحكم في المدار، وتشغيل أجهزته، وتنسيق المهام المستقبلية. كما يوجد لبعض الأقمار محطة تحكم رئيسة تكون عادة كبيرة الحجم، ومحطات فرعية تقوم بوظائف مساندة للمحطة الرئيسية. ومن الأمثلة على ذلك محطة التحكم الرئيسية في أقمار عربسات الموجودة في ديراب جنوب مدينة الرياض، والتي لها محطات فرعية في تونس.

• محطات الخدمات

يتفاوت حجم محطات الخدمات وتعقيدها تبعاً لطبيعة عملها، حيث تقوم هذه المحطات بأداء تطبيقات مختلفة مثل المكالمات الهاتفية أو الصور الفضائية. ومن الجدير بالذكر أن محطة خدمات واحدة يمكنها خدمة عدة أقمار في الوقت نفسه، فمثلاً تقوم محطة استقبال الصور الفضائية في **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** باستقبال الصور من عدة أقمار استشعار عن بعد.

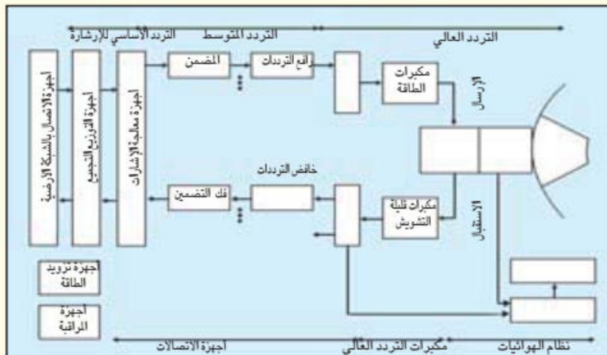
مكونات المحطة الأرضية

تتطلب عملية متابعة القمر الاصطناعي والتحكم به وجود نظام اتصالات متكامل للإرسال والاستقبال، إضافة إلى لغة اتصال لا يفهمها إلا القمر ومرسل الأوامر، كما يتطلب وجود برامج تحليلية تستطيع تحويل لغة القمر المرمزة إلى معلومات يمكن الاستفادة منها على المستويين التوجيهي والتطبيقي. ويعني ذلك أن هناك معلومات يمكن الاستفادة منها في توجيه القمر ووصف حالته، كما يتم الحصول على المعلومات التي يستفاد منها في التطبيقات التي من أجلها تم إطلاقه، مثل التصوير أو الاتصال.

تقسم المحطات الأرضية إلى عدة أنظمة جزئية تعتمد على تركيبة المحطة الهندسية، حيث تتكامل هذه الأنظمة بعضها ببعض للعناية بالإشارة الضعيفة المستقبلة من القمر وتحويلها تدريجياً إلى معلومات يمكن الاستفادة منها. تشمل هذه الأنظمة، شكل(١)، ما يلي:

• نظام الهوائيات

تعد الهوائيات في نظم الاتصالات اللاسلكية ـ خصوصاً في مجال الأقمار الاصطناعية ـ من أهم العناصر وأكثرها تأثيراً على الإشارة، لأنها الأطراف الأخيرة لنظام الإرسال التي تنتشر بعدها الموجات الحاملة للإشارات (المعلومات) في الفضاء، ومن ثم يتم استقبالها في الجهة الأخرى عن



• شكل (١) مكونات المحطة الأرضية

طريق هوائي كطرف أول في نظام الاستقبال. يعد هذا التأثير على الإشارة تأثيراً إيجابياً، حيث يضيف الهوائي إلى الموجة كسباً (Gain) لكي تتغلب على الفقد الناتج من انتشارها في الفضاء في حالة الإرسال، وفي المقابل يضيف الهوائي كسباً (Gain) للموجة الضعيفة المستقبلة.

يتكون الهوائي المستخدم في المحطات الأرضية للأقمار الاصطناعية من طبق(Dish) إرسال واستقبال يسمى هوائي القطع المكافئ (Parabolic antenna)، وهو عبارة عن طبق يقوم بعكس الموجات وتجميعها في نقطة مركزية (Focal Point)، يوجد فيها هوائي آخر (Horn Antenna) يقوم باستقبال الموجات المجمعة، ثم نقلها عن طريق الأسلاك داخل نظام الاستقبال، وعندها تنتهي مهمة الهوائي. مع العلم أن هناك علاقة وثيقة بين تردد الاتصال والكسب للهوائي(Gain) وقطر الهوائي.

من الأمثلة على نظم الهوائيات الهوائي الموجود في **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية**، شكل (٢).

الجدير بالذكر أنه يجب أن تتوفر في الهوائي الشروط التالية:

١- أن يكون ذو كسب عالي (High Gain)، علماً بأن الكسب في هوائي طبق الإرسال والاستقبال له علاقة طردية مع مربع قطر الطبق، وأيضا علاقة عكسية مع مربع الطول الموجي للموجة.

٢- أن يكون له نطاق قليل من تداخل الإشارة (Interference) في الإرسال وحساسية كبيرة للتداخل عند الاستقبال، لأن الموجة المستقبلة تكون عادة أضعف.

٣- أن يكون استقطابه نقي جداً.

٤- في حالة الاستقبال لابد أن يكون قليل التأثر بالتشويش الحراري المنبعث من الأرض أو من الفقد (Loss) الناتج من عمليات الاستقبال.

● مكبرات الاستقبال

تهدف مكبرات الاستقبال - مكبرات تقليل التشويش (Low Noise Amplifiers-LNA) - إلى تقوية الإشارة الصادرة من القمر الاصطناعي، حيث تقطع تلك الإشارات مسافات طويلة، فتصل إلى المحطة الأرضية ضعيفة جدا، فيستقبلها هوائي المحطة الأرضية. وعلى الرغم من أنه يضيف إليها كسباً إلا أنها - مع ذلك - تبقى ضعيفة، مما يحتم وجود مرحلة تعتني بالإشارة، هي عبارة عن مكبرات الاستقبال أو مكبرات قليلة التشويش، ويجب أن تكون هذه المكبرات قريبة جداً من الهوائي حتى يتسنى الحد من تأثير الأسلاك الموصلة بين المكبرات والهوائي التي تضعف الإشارة.

ويشترط في مكبرات الاستقبال المستخدمة أن تكون قليلة التشويش نظراً لأنه يتعامل مع إشارات ضعيفة جداً. ينتشر التشويش في المكبرات بسبب تأثر الدوائر الإلكترونية الموجودة في أجزائها الداخلية بدرجة الحرارة حتى وإن كانت معزولة خارجياً. وعلى الرغم من أن هذا التشويش ضئيل جداً إلا أنه يؤثر على الإشارة المستقبلة، والتي هي في الأساس ضعيفة جداً. عليه: يجب أن تكون المكبرات قليلة التشويش قليلة التأثر بدرجة الحرارة لكي لا يكون تشويشها عالياً.



● شكل (٢) هوائي استقبال (Dish) موجود في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

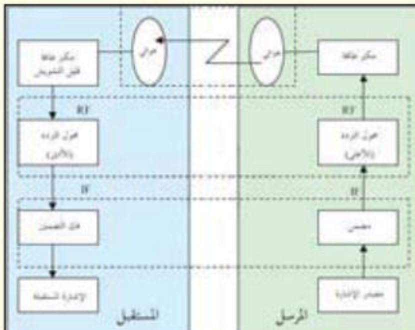
● مكبرات الطاقة

توضع مكبرات الطاقة (Power Amplifiers) لتلافي الفقد المتوقع من مرور الموجة الحاملة للمعلومات في الفضاء. يطلق على هذه المكبرات اسم مكبرات الإرسال لأنها ملحقة دائماً بجزء الإرسال. تبلغ طاقة محطات الإرسال - في العادة - واحد واط لكل قناة اتصالات وواحد كيلو واط لكل قناة تلفزيونية.

● أجهزة الاتصالات

تتطلب أجهزة الاتصالات (Telecommunication Equipment) التي تتكون من مرسل ومستقبل وضع ضوابط لهذا الاتصال، وهي ما تسمى في عالم الاتصالات (Protocol)، أي أنه لكل طبقة من طبقات الإرسال لابد لها من طبقة معاكسة وظيفيا في طبقات الاستقبال، شكل (٣)، وتتكون أجهزة الاتصالات من الآتي:

*** أجهزة محولات التردد** (Frequency Converter): وتوجد في أجهزة الإرسال والاستقبال، ولكنها تقوم بوظيفة عكسية، ففي حالة الإرسال تقوم هذه الأجهزة برفع التردد من التردد الأوسط (Intermediate Frequency-IF) والذي يكون في العادة حسب تصميم النظام على سبيل المثال (٧٠ ميجاهيرتز، ١٤٠، ميجا هيرتز، ١ جيجا هيرتز) إلى تردد الراديو (Radio Frequency-RF) والمقسم



● شكل (٣) دورة الإشارة خلال نظامي الإرسال والاستقبال

إلى نطاقات (Bands) كما في الجدول (١). أما في حالة الاستقبال فيتم عكس العملية بخفض التردد من تردد الراديو (RF) إلى التردد الأوسط (IF).

*** أجهزة التضمين** (Modulation Equipments): وهي أجهزة تقوم بعملية التضمين والتي هي عبارة عن حمل المعلومات أو موجة نطاق الأساس (Baseband Signal) ذات التردد المنخفض ـ مثل الصوت في المكالمات الهاتفية ـ على موجة أخرى تسمى الحامل (Carrier) لها تردد يفوق بكثير تردد موجة نطاق الأساس أو موجة المعلومات. وهناك أنواع كثيرة من التضمين تعتمد على نوع الإرسال سواء كان تماثلي أو رقمي، حيث يتم استخدام تضمين التردد (Frequency Modulation-FM) ـ وهو الأكثر استخداما في الاتصال بين القمر الاصطناعي و محطة الاستقبال ـ في حالة نظام الاتصال التماثلي. أما إذا كان نظام الاتصال رقمي فيتم استخدام تضمين تعديل إزاحة الطور (Phase-Shift keying) وهو الأكثر استخداما في الاتصال بين القمر الاصطناعي ومحطة الاستقبال.

*** أجهزة معالجة الإشارة**، وتختلف من تطبيق إلى آخر وفقاً لمهمة القمر، فلو كانت وظيفة القمر الاصطناعي التصوير؛ فإن أجهزة معالجة الإشارة تكون مخصصة للصور وكيفية تنقيتها، واستخلاص صورة نقية مفهومة المعالم. أما إذا كانت وظيفة القمر للاتصالات فتتركز مهمة أجهزة معالجة الإشارة في كيفية الوصول إلى صوت واضح مفهوم.

● أجهزة الاتصال المتعدد

يقصد بالتعدد (Multiplexing) في مجال الإرسال: إرسال عدد من الموجات المختلفة عبر قناة اتصال مشتركة (common communication channel)، ومثالاً على ذلك إرسال عدد من المكالمات الهاتفية عبر قناة مشتركة عن طريق الأقمار الاصطناعية. وهناك نوعان أساسيان من هذا التعدد هما:

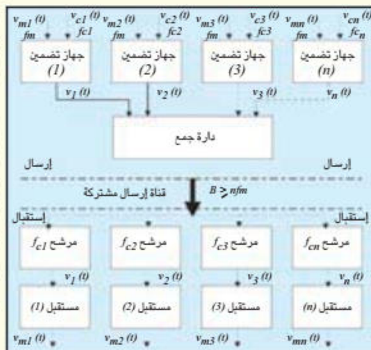
نطاق التردد	الرمز
٣٠ ـ ٥٠٠ ميجاهيرتز	VHF
٥٠٠ ميجاهيرتز إلى واحد جيجاهيرتز	UHF
١ ـ ٢ جيجاهيرتز	L
٢ ـ ٣ جيجاهيرتز	S
٣ ـ ٤جيجاهيرتز	S
٤ ـ ٦جيجاهيرتز	C
٦ ـ ٨ جيجاهيرتز	C
٨ ـ ١٠ جيجاهيرتز	X
١٠ ـ ١٢,٤ جيجاهيرتز	X
١٢,٤ ـ ١٨ جيجاهيرتز	Ku
١٨ ـ ٢٠ جيجاهيرتز	K
٢٠ ـ ٢٦,٥ جيجاهيرتز	K
٢٦,٥ ـ ٤٠ جيجاهيرتز	Ka

● جدول (١) نطاقات التردد

ـ تعدد تقسيم الزمن (Time Division Multiplexing-TDM)، ومن استخداماته الإرسال الرقمي.

ـ تعدد تقسيم التردد (Frequency Division Multiplexing-FD)، ومن استخداماته في الإرسال التماثلي في تطبيقات الأقمار الاصطناعية، وهو الأكثر استخداماً وشهرة، شكل (٤).

يلاحظ من شكل (٤) أن إشارة المعلومات أو المكالمة كما في المثال سوف تدخل على دائرة تضمين لتحمل على موجة أعلى منها تردداً، ولابد أن تكون قيم الترددات الحاملة للإشارات المختلفة متباعدة بحيث لا يحدث أي تداخل (overlap) بين موجات التضمين الناتجة. بعد ذلك تدخل موجات التضمين على دائرة جمع، ومن ثم ترسل عبر القناة في الفضاء إلى أن تصل إلى المستقبل الذي لديه مرشحات للتردد، حيث يأخذ كل مرشح التردد الخاص به، وهو في الأصل تردد الموجة الحاملة في التضمين، ثم



● شكل (٤) الإرسال والاستقبال في تعدد تقسيم التردد

تكتمل مسيرة الإشارة بفك التضمين ليتم إزالة الموجة الحاملة منها ثم تصبح المعلومات أو المكالمات عند المستقبل كما كانت عند المرسل.

● أجهزة الاتصال مع الشبكات الأرضية

يتم توصيل أجهزة الاتصال مع الشبكة الأرضية في العادة خلال مركز التقسيم (Switching Center) إما عن طريق توصيلات سلكية أرضية من نوع (coaxial cable) أو عن طريق توصيل لاسلكي بما يسمى (Radio-Relay)، ويعتمد ذلك على الطبيعة الجغرافية بين المحطة والأجهزة.

● الأجهزة المساعدة

تتكون الأجهزة المساعدة في المحطة الأرضية من:

*** أجهزة المراقبة:** وتقوم بالاتي :

– إصدار إشارات التنبيه من الأنظمة الجزئية للمحطة.

– التحكم في مفاتيح الأجهزة الاحتياطية.

– التحكم في تشغيل الأنظمة الجزئية للمحطة.

– تسجيل المعلومات الدورية عن حالة تشغيل الأنظمة الجزئية.

– تسجيل وحفظ أهم عوامل التشغيل في المحطة.

*** أجهزة القياس:** وتقوم بقياس أداء الأجهزة الأخرى، فمثلاً من خلال تعقب المحطة للقمر فإن الهوائي يتحرك باتجاه معين، عليه لابد من جهاز لمعرفة اتجاه الهوائي، وهل هو بالاتجاه الصحيح أم يحتاج إلى تصحيح؟. وهناك أجهزة قياس كثيرة تعكس أو تحاكي ما يحدث فعليا في الأجهزة أخرى.

*** أجهزة صيانة القناة:** وهي تلي أجهزة الاتصال المتعدد (Multiplexing Equipment) وتضمن الإتصال بين المحطة الأساسية وباقي المحطات، كما تضمن الاتصال بين المحطة ومركز التقسيم (switching center).

●أجهزة تزويد الطاقة

يوجد ثلاثة مصادر لتزويد الطاقة هي:

مـزود الطاقـة الرئيـسي: ويكون عن طريق المحول الأساسي لمبنى المحطة، مع إضافة مزود احتياطي يعمل بسرعة بدء (٥-١٠) ثواني.

مـزود طاقـة غيـر متقطـع (uninterrupted power supply-UPS): ويهدف إلى إنتاج جهد وتردد مستقرين.

مزود طاقة إضافي: وله جهد قليل يتراوح مابين ٢٤-٤٨ فولت،ويستعان به في بعض الأحيان.

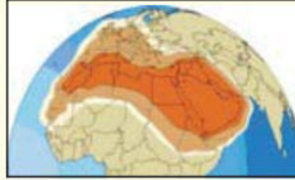
● البنية التحتية

تحتاج جميع أنـواع المحطات الأرضيـة ـ بشكل عام ـ إلى الأعمال الهندسية الإنشائية، حيث يعـتمد حـجم المحطة بشكل كبـير على نوعها. وهناك طريقتان لإنشاء المحطات هما:

محطات الهوائي الواحد: وفيها تكون جميع الأجهزة تحت الهوائي، وبهذه الطريقة تكون البنية التحتية بشكل عام أصغر حجماً وأكثر اقتصادية.

محطات الهوائيات المتعددة: وفيها ينصب كل هوائي على مبنى مستقل يحوي بداخله المعدات المتعلقة بها، والمكبر قليل التشويش، والمستقبل التعقبي، ومكبر الطاقة، وفي بعض الأحيان محولات التردد، ويكون هناك مبنى تشغيل مركزي يحتوي على معدات التشغيل وأجهزة الاتصالات، حيث يتم الربط بينه وبين الهوائيات عن طريق (Waveguide) أو أسلاك (Coaxial Cables) وتشكل تكلفة مبنى التشغيل المركزي من ٢٠٪ إلى أكثر من ٥٠٪ من تكلفة المحطة الإجمالية.

تحتاج المحطات ذات الحجم المتوسط إلى أجهزة ومعدات أقل، كما أنها تستهلك طاقة أقل، وبالتالي تكون بنيتها التحتية أقل تكلفة وتعقيدا. أما المحطات الصغيرة فتكون مصممة على شكل وحدات صغيرة مجمعة ومركبة من المصنع ولا تحتاج إلا لإعدادات بسيطة.



● شكل (٥) نطاق تغطية عربسات

مثال للمحطات الأرضية

يعـد نظام عـربسـات (Arabsat) أحـد الأمثلة التطبيقية لنظم الأقمار الاصطناعية والمستخدمة في بيئتنا المعاصرة، وهو من أقمار المدار الثابت، أي أن سرعة دورانه الزاوية على الأرض تساوي السرعة الزاوية لدوران الأرض حول نفسها، لذلك فإنه ينهي دورته على مداره خلال ٢٤ ساعة. حيث يبدو ثابتاً بالنسبة لسطح الأرض. الجدير بالذكر أن أغلب أقمار المدار الثابت تقع على خط الاستواء ـ خط عرض صفر ـ لذلك تعرف هذه الأقمار فقط بخط طولها.

أطلق نظام عربسات ثلاثة أجيال من الأقمار الاصطناعية، حيث تم إطلاق الجيل الأول عام ١٩٨٥م، ثم تلاه إطلاق الجيل الثاني عام١٩٩٦م، بينما تم إطلاق الجيل الثالث عام١٩٩٩م. ويوضح الجدول (٢) معلومات عن تلك الأقمار من حيث تاريخ الإطلاق، وموقع المدار ، والعمر الافتراضي، والحالة.

يوضح شكل (٥) المناطق الواقعة في نطاق بث القمر عربسات، حيث يلاحظ أن المملكة تقع ضمن المناطق الداكنة التي تكون فيها الإشارة المستقبلة جيدة مقارنة بالمناطق الأخرى مثل إيطاليا، وعليه فإن تصميم الهوائي في المملكة يختلف عن تصميمه في إيطاليا، وهناك زاويتان مهمتان في توجيه هوائي محطة الاستقبال من القمر الذي يدور في مدار ثابت مثل عربسات، هما:

	الجيل الأول	الجيل الثاني	الجيل الثالث
رقم القمر	(C1) ، (B1)، (A1)	(D2) ،(C2) ، (B2)، (A2)	(A3)
تاريخ الإطلاق	(B1)،(A1) ١٩٨٢ (C1) ١٩٩٢	١٩٩٦م	١٩٩٩م
موقع المدار	(A1) - ١٩° شرق (B1) - ٢٦° شرق (C1) - ٣١° شرق	(D3) ، (C2)، (A2) ٢٦° شرق (B2) - ٣٠ شرق	٢٦° شرق
العمر الافتراضي	٨ أعوام	١٥ عام	١٥ عام
الحالة	غير موجود (انتهى)	موجود حتى ٢٠١١م	موجود حتى ٢٠١٤م

● جدول (٢) خصائص أقمار نظام عربسات



● شكل (٦) زاويتا الارتفاع والسمت لهوائي الاستقبال

زاوية الارتفاع

تحسب زاوية الارتفاع (Elevation Angle) من المحور العمودي على السطح الموضوع عليه الهوائي وحتى المماس العمودي على محور القطع المكافئ (Parabolic)، شكل (٦).

● زاوية السمت

تقع زاوية السمت (Azimuth Angle) في مستوى المحور العمودي على السطح الذي يوضع عليه الهوائي، وتحسب من الشمال مع اتجاه عقارب الساعة وقوفاً عند اتجاه الهوائي، شكل (٦).

وحسب المعلومات الثابتة الخاصة بقمر عربسات (C2) ـ يقع في ٢٦° شرق خط غرينتش ـ وبعد إجراء الحسابات على عدة مدن في المملكة كما في الجدول (٣) اتضح أن زاويتي الارتفاع والسمت تختلفان باختلاف المكان، حيث تقل زاوية الارتفاع كلما اتجهنا شمالاً، بينما تزيد زاوية السمت عند التوجه شرقاً. فمثلاً تقع مدينة الرياض شمال مكة المكرمة بحوالي ثلاث درجات، ولذلك فإن زاوية الارتفاع في الرياض أقل من مثيلتها في مكة المكرمة بحوالي سبع درجات، ونظراً لأن الرياض تقع شرق مكة المكرمة بحوالي سبع درجات، فإن زاوية السمت في الرياض تزيد عن مثيلتها في مكة المكرمة بحوالي تسع درجات.

المدينة	خط الطول والعرض	زاوية الارتفاع	زاوية السمت
مكة المكرمة	٢١,٢(شمال) ٣٩,٢٩(شرق)	٦٠°,٩٣'	٢١٣°,١٥١'
الرياض	٢٤,٣ (شمال) ٤٦,٣٨(شرق)	٥٣°,٥٤'	٢٢٢°,٠٧'
جدة	٢١,٣ (شمال) ٣٩(شرق)	٦١°	٢١٢°,٤٣٨'

● جدول (٣) زاويتا الارتفاع والسمت لمدن مكة المكرمة، الرياض ، جدة

عرض كتاب



أسماء الأشياء والعلم والتقنية الإعجاز العلمي العظيم

عرض : خالد سعد المقبس

صدر هذا الكتاب عن مطابع الحميضي بالرياض عام ١٤٢٧هـ - ٢٠٠٦م. ويقع الكتاب في ٢١٦ صفحة من الحجم المتوسط ، وقام بتأليفه الأستاذ الدكتور ظافر بن علي القرني أستاذ الهندسة المساحية ونظم المعلومات الجغرافية بجامعة الملك سعود بالرياض .

ينقسم الكتاب إلى خمسة فصول ، يتناول **الفصل الأول** «العلم وعقبته الكؤود» ، فيبدأ المؤلف أولاً بمدخل إلى العلم ويعرفه بأنه ضد الجهل، ثم يبين أن أعلى درجات العلم أن يعرف الإنسان خالقه جل في علاه، فيقدره حق قدره ، ويعبده حق عبادته. ثم يذكر أن العلماء قسموا العلم إلى علم فرض عين ، وعلم فرض كفاية. ولكي تظهر العلوم أو التقنيات فإنه لابد لصاحب التقنية من علم لينجز تقنيته، ولابد لصاحب العلم من تقنية ليظهر علمه . وهذا قاد المؤلف في المحور الثاني من هذا الفصل للحديث عن بعض العلوم والتقنيات، ويمثل ذلك بعلم المساحة التصويرية، وعلم الاستشعار عن بعد ، وعلم نظم المعلومات الجغرافية ، وتقنية النانو (استثارة الأشياء)، وتقنية الإنترنت.

أشار المؤلف في هذا الفصل إلى أن المساحة التصويرية تهتم بتصوير الأشياء على الأرض وما حولها؛ بهدف تحديد مواقعها وماهيتها ؛ وعمل خرائطها الطبوغرافية ، أو غير الطبوغرافية المختلفة. كما يشير إلى أن ظهور تقنيات الاستشعار عن بعد- تطورت بشكل كبير- يعد مهماً لدورها في عمل الخرائط الرقمية، فمن خلالها -كما أشار المؤلف- أصبح تحديد مواقع الأشياء يتم بصورة دقيقة، إلى جانب مزاياها الطيفية التي أسهمت في تسهيل عملية تفسير الصور بدقة أكبر. وقد وظفت تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) الصور الجوية والفضائية في تقنيتها . وقد عرَّف الكاتب هذه النظم بأنها: «نظم مؤلألة من أجل جمع وتخزين واسترجاع وتحليل المعلومات المكانية» . كما أشار المؤلف إلى تقنية النانو التي تعد من التقنيات الحديثة (٢٠٠٣م) التي أسهمت في مجال التقدم العلمي في بعض المجالات العلمية المختلفة ، وأن تقنية شبكة الإنترنت (١٩٩٠م) حقل كبير تصب فيه كل العلوم والمعارف والتقنيات بصورة لم تُعْرف من قبل، وأشار إلى أن هذه التقنيات تواكبت وتضافرت، حتى أصبحت المعلومة متاحة للجميع .

وختم المؤلف هذا الفصل بالاشارة إلى أن أسماء الأشياء التي تحتوي عليها وليست أعيانها هي التي تمثل العقبة الكؤود في هذه التقنيات. وهي سمة بارزة في علم المساحة التصويرية، والاستشعار عن بعد ، وفي نظم المعلومات الجغرافية. وتقنية النانو. فالبحث عن الكلمة التي تصف وتعرف تلك العلوم بات أمراً مهماً لكي ينير الدرب أمام الباحثين المتوثبين نحو «الآلة» بحيث تكون سهلة التناول عبر شبكة الإنترنت .

تناول **الفصل الثاني** "الكلمة" حيث بدأ الكاتب بمدخل إلى الكلمة بيّن فيه مكانة الكلمة كونها المحرك الأول لفعل الإنسان وعمله، وهي أداة الفكر الذي تقوم عليه الحياة برمتها. واستشهد في هذا الجانب بآيات من القران الكريم. وبعض الأحاديث النبوية الشريفة، إضافة إلى بعض الأبيات الشعرية.

ثم بدأ الحديث عن الكلمة في عصر الجاهلية في أقوال الناس المعتادة، مشيراً إلى أن للكلمة المتمثلة في الأمثال التأثير السحري في عقول الناس، تقيمهم وتقعدهم، وتجيش الجيوش وتدحرها، ومن تلك الأمثال ذات الدلالة القوية على خطورة الكلمة قولهم: «مقتل الرجل بين فكيه». ثم بيّن الكاتب قيمة الكلمة في قوة الشعر، مشيراً إلى أن الشعر كله يدور على الكلمة. حيث استعرض الكلمة عند امرىء القيس، وطرفة بن العبد، وعمر بن كلثوم ، والحارث

اليشكري، وعنترة بن شداد، والنابغة الذبياني، وعبيد بن الأبرص ، وزهير بن أبي سلمى . ثم تطرق المؤلف للكلمة في العصر النبوي مبيناً تأثيرها في القرآن الكريم، مستشهداً ببعض الآيات في ذلك ، حيث يخبرنا الله سبحانه وتعالى عن قوة تأثير كلمات هذا القرآن وسلطانها. ثم انتقل بالحديث عن الكلمة في أقوال الرسول صلى الله عليه وسلم الذي هو أفصح وأبلغ البشر لتقوم الحجة ، وتوضح المحجة ، فلئن كان أهل الجاهلية أبدعوا في اختصار المعاني الكبيرة في أمثال قصيرة، فإن الرسول صلى الله عليه وسلم فاقهم في ذلك كله ، فزاد على فصاحتهم فصاحة ، وعلى بيانهم بياناً.

أوضح الكاتب في هذا الفصل أن الكلمة في القول المعتاد عند المخضرمين لها تأثيرها الكبير في حياتهم، فالكلمة القوية تستميل القلب ، وترضي النفس، وتحل المشكل، كيف لا وهي التي قامت عليها دعوة الرسول صلى الله عليه وسلم، ثم تحدث الكاتب عن الكلمة في الشعر عند بعض الشعراء كالأعشى ، ولبيد بن ربيعة، وحسان بن ثابت وغيرهم. ثم توقف المؤلف مع الكلمة في العصر النبوي ، والعصر الأموي ، ثم العصر العباسي مبيناً أثر الكلمة في أقوال الناس المعتادة والشعر، مستشهداً بأقوال الشعراء في تلك العصور . وختم هذا الفصل بالحديث عن التحولات الكبرى في مسار الكلمة مبيناً بأنها كانت في الجاهلية قوية بليغة متعجرفة تثيرها أدنى الصيحات إلى أن تطورت وتنامت في العصور اللاحقة فأصبحت أكثر تداولاً وقوة لتأثرها بالمعارف الجديدة المتنامية .

أوضح الكاتب في **الفصل الثالث** الذي خصصه للحديث عن «الاسم»: أن العرب قسمت الكلام إلى اسم وفعل وحرف، فيقولون عن الاسم: بأنه كلمة يعبر بها عن شي، والفعل كلمة يعبر بها عن فعل شي، والحرف لايقوم بغيره . ثم بدأ باستعراض الاسم في الجاهلية في القول المعتاد وفي الشعر، واستشهد بأمثلة على ذلك . ثم ذكر الاسم في العصر النبوي في القرآن الكريم والسنة النبوية وتوقف عنده. ثم تناول الاسم عند المخضرمين في أقوالهم المعتادة وفي أشعارهم . بعد ذلك تناول الاسم في القول المعتاد وفي الشعر في العصر الأموي، ثم في العصر العباسي، مثل ما عمل في العصر النبوي. وختم الفصل بالحديث عن الوعي بالاسم والتحول الكبير الهائل في ثقافة الاسم بحسب العصور ، وعرض الجداول التي توضح التباين الهائل بين الحقبتين السابقتين للبعثة النبوية.

خصص المؤلف **الفصل الرابع** للحديث عن «أسس العلم ومنهجه»، حيث تحدث عن الاسم والإعجاز العلمي العظيم بادئاً ذلك بالإعجاز القرآني الذي يعد المرجع الأساس لكل الأسماء التي نسمي بها الأشياء التي نعالجها في معارفنا ، حيث أخبرنا الله سبحانه وتعالى أن العلم الذي فضّل به آدم على الملائكة هو علم الأسماء التي علمه الله إياها . كما بين أسباب عجز الإنسان في الإلمام بالأسماء كلها في نقاط مختصرة . ثم تحدث عن الإعجاز النبوي موضحاً أن المعجزة التي أتى بها الرسول صلى الله عليه وسلم هي من جنس مابرع فيه كل الناس دون استثناء ، إنها الكلمة أو اللغة ، فرسالته للناس كافة .

ثم تحدث في هذا الفصل عن المفاهيم العلمية المهمة، حيث بدأها بالاسم والمصطلح ، وقد أشار إلى أن المصطلحات هي أسماء أصطلح عليها، ومع ذلك يرى المؤلف أن كلمة مصطلح جاءت إلينا ترجمة لكلمة من لغة أخرى، وإلا فالاسم حسب رأيه أعم وأشمل ، وأجدر بالتأصيل والنشر. ثم تحدث عن العلم وتصحيح المسار عن «ط» وأخواتها والجهل العريض، ومن ثم استعرض بعض النماذج على ذلك.

يرى المؤلف في هذا الفصل أن التصنيف السيء للمعارف والإصرار عليه من الأسباب التي لاتساعد على تنامي العلوم وتكاملها ، وقد ختم هذا الجزء بالحديث عن تشتيت التخصص الواحد بين عدد من الكليات . ثم ألقى المؤلف الضوء على الرؤية المغايرة للمألوف من عدة وجوه بحسب مايراها هو في ثلاث نقاط .

يختتم الكاتب كتابه **بالفصل الخامس** الذي حوى خلاصته وأهم النتائج التي توصل إليها ومن أهمها أن للنهضة العلمية والتقنية المشهودة اليوم مبتدأ غفل عنه كثير من الناس، وهو أن أصل العلم هو الوحي ، كما كان الشعر في هذا البحث الشاهد والصادق على تطور الحياة العلمية ونمائها . وأخيراً لفت المؤلف النظر إلى أهمية تصحيح مسار العلوم في المدارس والجامعات بناءً على النتائج والمعلومات التي توصل إليها .



كتب صدرت حديثا

المدخل في تحسين جودة الخدمات الصحية: الرعاية الصحية الأولية

صدرت الطبعة الثالثة لهذا الكتاب عام ١٤٢٦هـ/٢٠٠٥م عن المكتب التنفيذي لمجلس وزراء الصحة لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، وهو من إعداد د. **توفيق بن أحمد خوجة** مدير عام المكتب التنفيذي لمجلس وزراء الصحة لدول مجلس التعاون.

تختلف هذه الطبعة عن ما سبقها في أنها مزيدة ومنقحة، حيث تناولت موضوع الرعاية الصحية الأولية من جميع عناصرها وما طرأ عليها من مستجدات خلال الأعوام الماضية .

تبلغ عدد صفحات الكتاب ٤٥٥ صفحة من القطع المتوسط تتناول موضوعاته بالإضافة إلى تصدير لوزير الصحة السعودي ومقدمة لمعالي المدير الإقليمي لمنظمة الصحة العالمية للشرق المتوسط وتقديم للأستاذ **د.عساف العساف** وتمهيد للمؤلف .

يعد الكتاب دليل هام لممارسي المهن الصحية بمختلف تخصصاتهم خاصة المهتمين بالرعاية الصحية الأولية .

المنهاج الوطني لتشخيص وعلاج الربو

صدرت الطبعة الأولى للنسخة العربية من هذا الكتاب عام ١٤٢٦هـ/٢٠٠٥م عن اللجنة العلمية الوطنية لتشخيص وعلاج الربو بوزارة الصحة في المملكة العربية السعودية.

تبلغ عدد صفحات الكتاب ٨٩ صفحة من القطع المتوسط وتحتوي – بجانب كلمة وزير الصحة السعودي – على: تمهيد، والإحالة وتكرار الزيارة، والبدائل العلاجية في الربو، والربو الليلي، العلاج في المستشفى، وملخص علاج النوبات الحادة للربو في قسم الطوارىء، وملاحظات هامة حول أدوية الربو، وتثقيف مريض الربو، وخطط العمل، وملحق يشمل كيفية استعمال الأنواع المختلفة من البخاخ، المراجع الأجنبية (الإنجليزية).



المـــخ المعجـــزة

قام بتأليف هذا الكتاب باللغة الانجليزية **جين كاربر (Jean Carber)** وقامت بترجمته إلى اللغة العربية مكتبة جرير حيث صدرت الطبعة الأولى عام ٢٠٠١م، ثم أعيدت طباعة الطبعة الأولى عام٢٠٠٥م.

تبلغ عدد صفحات الكتاب٣٣٥ صفحة من القطع المتوسط. ويحتوى على أربعة أجزاء.

جاء الجزء الأول بعنوان مرحباً بعصر المخ المعجزة، أما الجزء الثاني فجاء بعنوان ماذا تأكل كي تتمتع بمخ معجزة، وتناول ستة مواضيع هي:– طعام القدماء، أهم ما يحتاجه عقلك، وكيف تبنى الدهون مخك أو تحطمه، وطرق جديدة رائعة يعمل من خلالها زيت السمك على حماية مخك، والسكر بوجهيه المنشط والمثبط للمخ، وكيف تجعل مضادات التأكسد أكثر ذكاء وأكثر سعادة، وكيف تقى مخك الشيخوخة، والكافيين صلاح لمخاخ الجميع. أما الجزئين الثالث والرابع فقد تناولا على التوالى: المكملات الغذائية للمخ، وكيف تمنع المواد الضارة بالأوعية الدمويه من تدمير مخك.

مصطلحات علميّه

نقطة الأوج **Apogee point**

النقطة في مدار القمر الأبعد عن الأرض.

زاوية الحضيض

Argument of perigee

أحد عناصر المدار، وتقاس بين النقطة التي يقطع فيها المدار خط الاستواء، ونقطة الحضيض له.

زاوية السمت **Azimuth Angle**

الزاوية الأفقية بالنسبة للشمال، وتساوي صفر في الشمال و ٩٠° باتجاه الشرق و ١٨٠° في الجنوب و ٢٧٠° في الغرب. وتستخدم لتحديد موقع القمر الاصطناعي أو جرم سماوي بالنسبة للمراقب من الأرض.

تغيير دوبلر **Doppler Effect**

تغير تردد الموجة الكهرومغناطيسية الناتج عن حركة المرسل أو المستقبل أو كليهما، وهو يقل عند ابتعادهما ويزداد عند اقترابهما، حيث يزداد طرديا مع السرعة النسبية بين المرسل والمستقبل.

اللامركزية أو الإهليجية

Eccentricity

مقياس لمقدار انحراف مدار القمر عن الدائرة، ويبلغ صفر في حالة المدار الدائري، وبين الصفر والواحد في حالة المدار الإهليجي.

زاوية الارتفاع **Elevation Angle**

الزاوية الرأسية بالنسبة للأفق، وتقع بين صفر باتجاه الأفق و ٩٠° لأعلى، وتحدد موقع أي قمر اصطناعي أو جرم سماوي بالنسبة للمراقب من الأرض أو هوائي الاتصال.

سرعة النفاذ **Escape Velocity**

أدنى سرعة تمكِّن الصاروخ من مغادرة الغلاف الجوي.

المدار الثابت **Geostationary Orbit**

مدار القمر الاصطناعي الذي يبدو ثابتاً في السماء بالنسبة للمراقب من نقطة على الأرض ويرتفع ٣٦٠٠٠كم عن سطح الأرض.

المسار المتعدد **Multipath**

ظاهرة تصاحب انتشار الإشارة الكهرومغناطيسية في الاتصالات اللاسلكية بحيث تصل للمستقبل نسختين أو أكثر من نفس الإشارة عبر أكثر من مسلك. وذلك نتيجة للعوامل الجوية، أو اصطدام الإشارة بالجبال والمباني، فتصل الإشارة بفروق زمنية بينها. ويمكن ملاحظة تأثيرها في التلفزيون عند ظهور ما يشبه الظل في الصورة.

زاوية ميلان المدار

Orbital Inclination

زاوية ميلان مدار القمر الاصطناعي عن خط الاستواء، وهي تساوي صفر عندما يدور القمر بمحاذاة خط الاستواء، و ٩٠° عندما يمر فوق القطبين.

الحمولة **Payload**

مجموعة من أنظمة القمر الاصطناعي تؤدي مهمة القمر الأساسية، فحمولة قمر الاستشعار عن بعد هي التلسكوب والمجسات، وحمولة قمر الاتصالات هي المستجيبات (Transponders).

نقطة الحضيض **Perigee point**

النقطة في مدار القمر الأقرب للأرض.

المدار القطبي **Polar Orbit**

المدار الذي يمر القمر فيه فوق قطبي الأرض الشمالي والجنوبي في كل دورة.

زاوية العقد الصاعدة

Right ascension of the ascending node

أحد عناصر المدار، وتقاس بين النقطة التي يقطع فيها المدار خط الاستواء وخط الاعتدال الربيعي.

المدار المتزامن مع الشمس

Sun-synchronous orbit

مدار القمر من المدار القطبي، وفيه يمر القمر فوق خط الاستواء بنفس التوقيت المحلي لتلك النقطة، ويستخدم في أقمار الاستشعار.

التثليث **Triangulation**

طريقة رياضية لتحديد موقع نقطة من معرفة بعدها عن ثلاث نقاط معروفة الموقع.

زاوية الابتعاد المداري

True Anomaly

الزاوية بين موقع القمر ونقطة الحضيض لمداره.

الاعتدال الربيعي

Vernal Equinox

النقطة التي تعبر فيها الشمس خط الاستواء السماوي، وتشاهد فيه فوق خط الاستواء تماما حيث تحدث في ٢٠ أو ٢١ مارس من كل عام.

المدار المؤقت **Transfer Orbit**

مدار يوضع فيه القمر الاصطناعي بعد الإطلاق مرحليا قبل انتقاله إلى المدار الثابت.



مساحة للتفكير

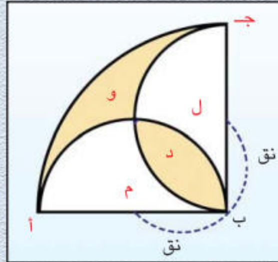
مسابقة العدد

مساحة الشكل

يمثل الشكل أ ب جـ ربع دائرة داخلها نصفي دائرة نصفي قطرهما متساويان ويساوي ربع قطر الدائرة الكبيرة .

السؤال:ـ

كيف يمكن إثبات أن مساحة الشكل المظلل (د) تساوي مساحة الشكل المظلل (و) ؟



أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة «**مساحة الشكل**» فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة.

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء.

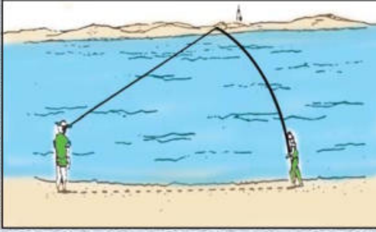
٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً، ويرفق به اسم وعنوان البنك ورقم الحساب إذا أمكن.

٤ـ أن يكون الإسم ثلاثي على الأقل.

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة لاختيار ثلاثة فائزين، وسيمنح كل منهم جائزة مقدارها (٣٠٠ ريال) ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله.

حل مسابقه العدد السابق

قياس عرض النهر



تتلخص طريقة قياس عرض النهر باستخدام القبعة دون اجتيازه فيما يلي:-

١- يرتدي الشاب الأول القبعة ذات المظلة ويقف على أحدى ضفتي النهر.

٢- يختار علامة معينة على ضفة النهر الأخرى، ثم يحني رأسه حتى تأتي حافة المظلة على تلك العلامة.

٣- يستدير الشاب إلى ضفة النهر التي يقف عليها دون أن يحرك رقبته أو رأسه إلى الأسفل أو إلى الاعلى، ثم يحدد النقطة التي يقف عندها نظره بواسطة علامة معينة أو وقوف الشاب الآخر عندها.

٤- يقيس المسافة بينه وبين الشاب الثاني أو النقطة المحددة، وهذه المسافة التوقعية لعرض النهر.

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد **السابق**، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد. وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من:

١- عبدالله محمد علي - الرياض
٢- أيمن مصطفى محمود - الأردن - ص.ب ٤٥١٢ عمان
٣- خالد اسماعيل - الرياض

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة.

كيف تعمل الأشياء



يعد كاشف الحريق واحد من الاختراعات العجيبة بسبب استخدامه الشائع وتكلفته المتدنية التي لا تمثل شيئاً بالنسبة لأهميته حيث يمكن الحصول على جهاز من هذا النوع بمبلغ لا يتجاوز ثلاثين ريالاً، ومع هذا السعر المنخفض فإنه يشكل ـ بإذن الله ـ سبباً مهماً في إنقاذ حياة آلاف البشر سنوياً.

تتكون جميع أجهزة الكشف عن الحريق من جزئين أساسيين، هما: الحساس الذي يقوم بتحسس الدخان، ومنبه إلكتروني عالي الصوت؛ لإيقاظ وتنبيه الناس في حالة الحريق. يمكن تشغيل كاشف الحريق ببطارية ذات جهد كهربائي يساوي تسع فولتات أو بواسطة التيار الكهربائي للمنزل.

يوجد العديد من الأنواع لأجهزة كشف الحريق، ولكن سيتم التطرق في هذا العدد إلى النوعين الأكثر شيوعاً واستخداماً في وقتنا الحاضر، وهما كالتالي:

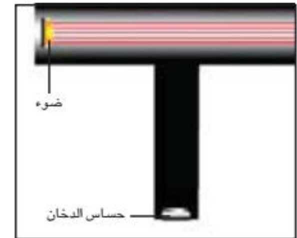
كاشف الحريق الكهروضوئي

كثيراً ما نسمع صوتاً أو رنيناً منبهاً عندما ندخل أبواب بعض المحلات التجارية، وذلك لتنبيه صاحب المحل بدخول شخص ما إلى داخل المحل. وعندما ننظر إلى الباب نجد بقرب إطاره شعاعاً ضوئياً صادراً من أحد الجانبين ـ سواءً ضوءً أبيض أو حزمة من الليزر ضعيف الطاقة ـ وعلى الجانب الآخر يوجد كاشف ضوئي (Photodetector) يستطيع رؤيته.

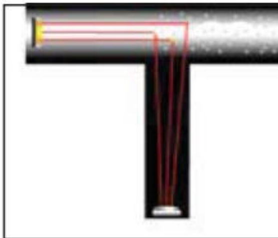
عند مرور الداخل إلى المحل من الباب، فإن جسمه يمنع وصول الضوء إلى كاشف الضوء، وبالتالي يحس الكاشف بانقطاع الضوء فيودي ذلك إلى قفل دائرة كهربائية تحتوي على جرس فيطلق الجرس ذلك الرنين.

من خلال هذه الفكرة يمكن تخيل حساساً من هذا النوع يعمل ككاشف للدخان الناجم عن الحريق، فإذا حدث حريق نتج عنه دخان يمكن أن يحجب هذا الشعاع بحيث لا يصل إلى الحساس المنبه سيعطي صوتاً تحذيرياً. ولكن استخدام هذا الجهاز لهذا الغرض يواجه مشكلتين، هما: حجمه الكبير، وضعف حساسيته، مما يجعله يحتاج إلى كمية كبيرة من الدخان وأن يكون كثيفاً لكي يحجب الضوء تماماً، وبالتالي يجعله يعمل.

ولذلك فإن أجهزة الكشف عن الحريق الكهروضوئية تستخدم الضوء بطريقة مختلفة، حيث يوجد داخل الجهاز ضوء وحساس في آن واحد، ولكن يقع أحدهما بالنسبة للآخر بزاوية قائمة، شكل (١). ففي الحالة الاعتيادية ينطلق الشعاع الضوئي بشكل مستقيم، وبالتالي لا يصل إلى الحساس. أما عندما يدخل الدخان إلى الحجرة فإن الدقائق التي يتكون منها الدخان تعمل على تشتيت الضوء فيصل جزء منه إلى الحساس، شكل (٢)، وعندئذ يطلق المنبه الصوت التحذيري.



● شكل(١) كاشف الحريق الضوئي عندما لايوجد دخان



● شكل(٢) كاشف الحريق الضوئي عند وجود دخان

الكاشف الأيوني

يعتمد كاشف الحريق الأيوني على وجود خلية دقيقة ذات فعالية إشعاعية عالية، ولهذا يعد هذا النوع أكثر الأجهزة استخداماً لرخص ثمنه ودقته في الكشف عن الكميات القليلة من الدخان.

● مكونات الكاشف

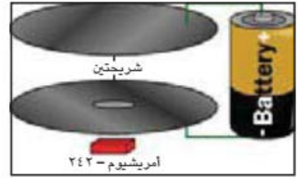
عند رفع الغطاء الخارجي للجهاز فإنه يمكن مشاهدة الأجزاء الرئيسة التالية:

ـ **اللوح الإلكتروني**، وهو عبارة عن مجموعة متنوعة من الدوائر المتكاملة والمقاومات والمكثفات التي تقوم بترجمة الإشارات إلى عمل ينفذه الجهاز بإعطاء تحذير يدل على وجود الخطر.

ـ **حجرة التأين**، و تحتوي على شريحتين معدنيتين تتصل كل منهما بأحد قطبي بطارية جافة مما يسمح بوجود فرق جهد بينهما، شكل (٣). يوجد داخل هذا النوع من الأجهزة كمية قليلة من العنصر أمريشيوم – ٢٤١ (Americium-241) المشع تقدر بـ ٠,٠٢ جم. حيث يبلغ عمر النصف لهذا العنصر ٤٣٢ سنة، ويصدر جسيمات ألفا.

تتكون حجرة التأين ـ لها لون الفضي ـ من علبة من الألمنيوم تحتوي على المصدر المؤين، كما تحتوي على شقوق طولية تسمح بحدوث تيارات هوائية. تعمل هذه العلبة نفسها كقطب سالب، وتقع في أعلى اليمين من الجهاز، شكل (٤). يوجد أسفل حجرة التأين ماسك خزفي يحتوي على الصفيحة الموجبة لحجرة التأين، ويوجد تحتها االمصدر المشع.

يحتوي الجهاز النموذجي على ٠,٩ ميكرو كوري من عنصر الأمريشيوم – ٢٤١, ـ تستخدم وحدة الكوري نسبة إلى مدام كوري المرأة الفرنسية التي استخدمت عنصر الراديوم في أبحاثها ـ لقياس المواد المشعة. فعلى سبيل المثال إذا كنت تمسك في يدك ما مقداره كيوري من أي مادة، فإنك تمسك كمية من المادة التي تتعرض لحوالي ٣٧ مليار انشطار نووي في الثانية، وهذا يعني أن ٣٧مليار ذرة في العينة تتحلل وتطلق جسيمات نووية (مثل جسيمات ألفا) في الثانية الواحدة. ومن الجدير بالذكر أن



● شكل(٣) مكونات حجرة التأين

الجرام الواحد من عنصر الراديوم يولد ـ تقريباً ـ كوري واحد من النشاط الإشعاعي.

ـ **المنبه الألكتروني**، ويقع في الجزء السفلي الأيمن من الجهاز ويكون في الغالب ذي اللون البرونزي، كما في شكل (٥).

❋ آلية عمل الجهاز

تتميز جسيمات ألفا الناتجة من عنصر الأمريشيوم بخصائص منها أنها تؤين ذرات الأكسجين والنيتروجين الموجودة في حجرة التأين. وفي هذه الحالة يتم طرد إلكترون من إلكترونات الذرة، مما يعني وجود إليكترون حر(شحنة سالبة)، وذرة فاقدة للإلكترون بشحنة موجبة. ينجذب الإلكترون السالب إلى الشريحة المتصلة بالقطب الموجب للبطارية، بينما تنجذب الأيونات الموجبة إلى الشريحة المتصلة بالقطب السالب، فيتولد عن ذلك تياراً كهربائياً بين الشريحتين. تتحسس الأجهزة الإلكترونية في الكاشف الكميات القليلة من التيار الكهربائي الناتج عن حركة الأيونات السالبة والموجبة نحو الشرائح المناسبة، فيبقى المنبه صامتاً.

حينما يدخل الدخان إلى حجرة التأين فإنه يعيق التيار نتيجة لالتصاق دقائق الدخان مع الأيونات ومعادلتها لشحنتها، وبالتالي فإن الحساس يشعر بانقطاع التيار فيصدر صوتاً منبهاً.

تعد المادة المشعة المستخدمة في هذا الجهاز قليلة جداً، كما أنها تطلق جسيمات ألفا التي لا تستطيع اختراق شريحة من الورق أو عدة سنتيمترات من الهواء، ولذا فإن خطرها قليل جداً على الصحة في الأحوال الاعتيادية، ولكنه يكون خطراً عند استنشاقه، ولذا يجب عدم العبث به.



● شكل(٤) الشكل الخارجي لحجرة التأين

نوع الجهاز المناسب

تعد جميع أجهزة الكشف عن الحريق سواءً تلك التي تعمل بالبطارية الجافة أو من كهرباء المنزل مناسبة وجيدة للقيام بالمهمة المطلوبة على أكمل وجه، إلا أن استشارة قسم مكافحة الحريق المحلي تعد ضرورية لاختيار الأفضل، ويجب التأكد من أن الجهاز تم فحصه واعتماده من قبل مختبر معترف به.

عدد الأجهزة في المنزل ومكانها

يجب أن يكون في كل دور من أدوار المنزل على الأقل جهاز واحد لكشف الحريق، ولا شك أن وجود أكثر من ذلك يساعد على اكتشاف الحريق بوقت مبكر.

يجب أن توضع أجهزة كشف الحريق قريبة من غرف النوم، سواءً على الجدران أو على السقف، وفي حالة وجودها في السقف فإنها يجب أن تبتعد عن الحائط بمسافة تتراوح ما بين ١٥ إلى ٣٠سم، كذلك يجب أن تبتعد عن السقف بنفس المسافة إذا كانت مثبتة على الحائط.

الاتصال بين الأجهزة

تتطلب سلامة شاغلي المباني ـ خصوصاً المباني متعددة الأدوار ـ وجود نظام كشف حريق دقيق يتكون من عدة أجهزة إنذار وذي كفاءة عالية في إطلاق إشارة التنبيه في جميع أجزاء المبنى بمجرد ظهور الدخان في أي جزء من أجزائه، ويتم هذا بربط جميع الأجهزة في المبنى مع بعضها في شبكة داخلية.

يعمل كل جهاز من أجهزة كشف الحريق التي تعمل بالبطارية الجافة بشكل مستقل، ولا يمكن ربطها مع الأجهزة الأخرى في المنزل أو المنشأة. أما الجهاز الذي يعمل بالتيار المتذبذب (كهرباء المنزل) فإنه يمكن ربط جميع الأجهزة بعضها ببعض، فإذا أصدر أي جهاز داخل المبنى صوتاً نتيجة لوجود دخان فإن جمع الأجهزة داخل المبنى تصدر تنبيهاً حتى ولو لم يصلها الدخان، لأنها في أدوار مختلفة.



● شكل(٥) مكونات كاشف الحريق الأيوني

يوجد في هذا النوع من الكاشفات ثلاثة أسلاك (أسود، وأبيض، وأحمر). يمثل السلك الأسود الخط الحار للجهد، والأبيض الخط المتعادل، بينما يمثل السلك الأحمر خط التوصيل بين أجهزة الكشف عن الحريق في جميع أنحاء المبنى، ويمكن استخدام أسلاك كهربائية عادية ـ لا تحتاج إلى نوع خاص من الاسلاك ـ لكن يجب أن تتصل جميع أجهزة كشف الحريق في المبنى لقاطع واحد من اللوحة الرئيسية.

عند اكتشاف وجود دخان بواسطة أي من أجهزة البناية فإنه يتم إرسال إشارات ذات جهد ٩فولت من خلال السلك الأحمر، وبالتالي فإن أي جهاز يستشعر تلك الإشارة يبدأ بإطلاق صوت التحذير في الحال.

صيانة الجهاز

لكي يحافظ الجهاز على جودته ويؤدي الوظيفة التي وضع من أجلها فإنه يجب صيانته، كما يلي:

١- ضغط زر الفحص على الأقل مرة واحدة في الشهر للتأكد من أنه يعمل .

٢- تنظيف الجهاز بالهواء مرة أو أكثر في السنة.

٣- تغيير البطارية في حالة الجهاز الذي يعمل بالبطارية كل سنة، أو عندما يصدر جهاز التنبيه صوتاً يدل على أن البطارية ضعيفة. وهناك بعض الاقتراحات التي توصي بتغيير البطارية مرتين في السنة، ويمكن توقيت ذلك باختيار تواريخ يمكن حفظها بسهولة تامة مثل العطل السنوية أو تاريخ الميلاد وغيرها.

المصدر

http://home.howstuffworks.com/smoke.htm,1,2,3,4

http://home.howstuffworks.com/framed.htm_parent=smoke.htm&url=http://www.vienna.cc/networld/report_smoke_detectors.htm



استخدام الموجات السلبية للقمر الاصطناعي لتقدير رطوبة التربة السطحية للمملكة العربية السعودية

يعد عدم التقدير الدقيق للموارد المائية وتوزيعها على مستوى المناطق الشاسعة من أبرز عوائق تنمية المناطق الجافة، ونتيجة لاحتياج هذا التقدير إلى الكثير من البيانات الأرضية وبيانات الأرصاد الجوية المختلفة فإن ذلك يزيد من صعوبة التقدير الحقيقي لهذه الموارد .

تعد بيانات القمر الاصطناعي وسيلة جديدة لتقدير هذه الموارد، ولذلك قامت **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** بتمويل البحث رقم (ARP–19) للباحث الرئيس **عبدالوهاب سليمان محمد مشاط** من جامعة الملك عبدالعزيز حيث انتهت الدراسة ١٠/٩/١٤٢٤هـ .

● أهداف البحث

يهدف البحث إلى تقدير رطوبة التربة السطحية على مستوى المملكة العربية السعودية باستخدام بيانات القمر الاصطناعي، وربطها برطوبة التربة المقدرة بواسطة نماذج هيدرولوجية للميزان المائي بالتربة، والحصول على أفضل علاقة رياضية فيما بينهما، ثم اختبار مدى دقة هذه العلاقة .

● خطوات البحث

استخدمت بيانات القمر الاصطناعي للمجس (SSM/I) في تقدير رطوبة التربة السطحية على مستوى المملكة العربية السعودية، حيث تم ربط رطوبة التربة المقدرة بواسطة ثلاثة نماذج هيدرولوجية، مختلفة مع درجات حرارة السطوع المقاسة بواسطة المجس للسنتين ١٩٩٥ و ١٩٩٦م للوصول إلى أفضل نموذج .

● نتائج البحث

من أهم نتائج البحث مايلي :

١– تم تقدير معدلات البخر– فتح باستخدام ست طرق مختلفة حيث ثبت من خلال تحليل التباين وجود اختلافات معنوية بين نتائجها، وأظهر تحليل الفروقات مقارنة مع نتائج وعاء البخر (PAN) أن طريقة منظمة الاغذية والزراعة العالمية (FAO) المعدلة، كانت أقرب الطرق في تمثيل الواقع من بين الطرق التي استخدمت في هذه الدراسة .

٢– أظهرت النتائج أن قيم معدلات البخر – نتح السنوية (مم/سنة) كانت عالية في المناطق الجنوبية والجنوبية الشرقية والمنطقة الغربية المحيطة بمكة المكرمة، ومتدنية في المناطق الجنوبية الغربية والشمالية الغربية من المملكة .

٣– اشارت تقديرات رطوبة التربة باستخدام ثلاثة نماذج هيدولوجية مختلفة أن النموذج الثالث يعطي أعلى التقديرات غالباً، وكانت أعلى قيم لتكرار أيام حدوث ارتفاع في رطوبة التربة تعطى بواسطة النموذج الأول .

٤– أظهر تحليل التباين الإحصائي لمحتوى رطوبة التربة وتكرار أيام البلل وجود تأثيرات عالية المعنوية (مستوى أقل من ١٪) لموقع المحطة، ونوع النموذج الهيدولوجي، والسنة، وكذلك الشهر .

٥– أظهر تحليل التباين الإحصائي وجود اختلافات معنوية (مستوى أقل من ١٪) بين النماذج الهيدرولوجية الثلاثة المستخدمة، مما يؤكد الاختلاف في الأساس الفيزيائي والرياضي وطبيعة الفروض التي تم بناء النماذج عليها .

٦– عند دراسة الإرتباط الإحصائي بين

محتوى رطوبة التربة بالنماذج الهيدرولوجية وبين درجات حرارة السطوع المختلفة بواسطة المجس (SSM/I)، ومن ثم استنتاج أفضل نموذج تمثيل من بينها، كانت دلائل درجات رطوبة التربة (كنسب مئوية مم٫/مم٫) دوما الأعلى إرتباطا عن باقي دلائل الرطوبة المعبرة عن عمق المياه المخزنة في جوف التربة (مم)، لذلك كان التركيز عليها في الدراسة زيادة عن باقي الدلائل.

٧- كانت نسبة رطوبة التربة المقدرة بالنموذج الهيدولوجي الأول الأعلى إرتباطاً إحصائياً مع درجات حرارة السطوع في معظم النتائج المعطاة .

٨- تحسنت معاملات الارتباط الإحصائي لفصل الشتاء عندما تم تقسيم النتائج حسب المواسم المناخية (صيفاً-شتاءً)، كما تحسنت معاملات الإرتباط الإحصائي في المناطق المتوسطة الارتفاع عن بقية المناطق الجبلية والمنخفضة عند تقسيم النتائج حسب الارتفاعات الطبوغرافية، بينما لم تظهر نتائج التحليل أي فروقات تذكر بين حالتي القمر الاصطناعي صاعداً أو منحدراً عند دراسة نتائج جميع المحطات مجتمعة للعامين ١٩٩٥ و ١٩٩٦م.

٩- لوحظ أن نتائج معاملات الإرتباط بين محتوى الرطوبة ودرجة حرارة السطوع لكل محطة قد تحسنت بشكل كبير عن الحالات السابقة، وعند إعادة التحليل باعتبار المتغيرات المتعددة (Multi Regres-sion) بين رطوبة التربة ودرجات حرارة السطوع لوحظ ازدياد التحسن بشكل أكثر من اعتبار المتغير الواحد .

١٠- تم استنتاج نماذج التمثيل الرياضي الإحصائي بين محتويات رطوبة التربة ودرجات حرارة السطوع لكل محطة منفصلة باستخدام نظام المتغير المستقل الواحد، ونظام تعدد المتغيرات، فكان التمثيل في الثانية الأعلى ارتباطاً إحصائياً، كذلك تم استنتاج النماذج الإحصائية غير الخطية (لحالة المتغير الواحد) حيث تم التحقق من النماذج الرياضية المستنتجة بصورة خطية لحالة متغير واحد مستقل، وذلك بمقارنة نتائج الرطوبة المقدرة بهذا النموذج مع نتائج الرطوبة الأرضية المستنتجة بواسطة النموذج الهيدولوجي الأول لنتائج عام ١٩٩٧م لكل محطة بشكل منفصل. وقد ظهر تقارب بين النتيجتين لمعظم المحطات، حيث وصل معامل الإرتباط الإحصائي إلى قيم أكبر من ٠,٥ لعدد ١٤ محطة من أصل ٢٣ محطة، حيث أظهرت محطة القصيم أعلى معامل إرتباط (٠,٨٢٧) .

التوصيات

بالنظر لاتساع منطقة الدراسة والتطبيق التي امتدت لتشمل جميع مناطق المملكة، فإن هناك العديد من التوصيات يرى الباحثون أخذها في الاعتبار عند إجراء دراسات مستقبلية، ومن هذه التوصيات مايلي :

١- دراسة العلاقة الفيزيائية بين الإنبعاثية (درجة حرارة التربة)، ودرجة حرارة التربة، ومحتوى رطوبة التربة، ثم الربط الفيزيائي بين الإنبعاثية ومحتوى رطوبة التربة مع قياسات القمر الاصطناعي (درجات حرارة السطوع) .

٢- إعادة هذه الدراسة باستخدام بيانات أكثر من قمر إصطناعي وصولا لأفضل نتائج ربط بين قياسات المجس للقمر الاصطناعي مع محتوى رطوبة التربة .

٣- الربط المباشر بين القياسات الحقلية لرطوبة التربة مع قياسات المجس للقمر الاصطناعي حيث يُقْتَرَح قياس رطوبة التربة بواسطة مجسات رطوبة أرضية وإرسال القياسات آليا إلى محطات أرصاد جوية لربطها في نفس الوقت مع قياسات الأقمار الاصطناعية المارة على نفس المنطقة .

٤- دراسة تأثير التغطية السطحية على تقدير رطوبة التربة بواسطة الأقمار الاصطناعية، حيث تعتبر من المواضيع الهامة لزيادة فهم المتغيرات.

٥- الدراسة التفصيلية للعلاقة بين نوع السطحية (القوام - اللون) ونتائج رطوبة التربة المقدرة بواسطة المجس .

٦- التحقق من مدى الترابط بين محتوى رطوبة التربة والرطوبة المقدرة بواسطة مجس الأقمار الاصطناعية .



من أجـل فلذات أكبادنا

قطع المواد ولحمها

لايمكن للإنسان أن يتصور سهولة قطع ولحم كثير من المواد الصلبة ـ مثل الحديد والنحاس وغيرها ـ باستخدام الحرارة العالية، ولكن هذا ما يحدث بالفعل، حيث تعمل الحرارة على صهر الفلزات، وبالتالي تضعف قوى التجاذب بين ذراتها، ومن ثم ينفصل جزء من الفلز عن الآخر عند المنطقة المحددة. أما في حالة لحم الفلز لزيادة الطول أو المساحة أوالسمك فإنه يتم تسخين الطرفين المراد لحمهما حتى تنصهر طبقة رقيقة من كل منهما ثم بعد ذلك يقرب الطرفان إلى بعضهما حتى يتلامسا، وعندما يبردان فإن قطعتي الفلز ستلتحمان مع بعضهما بقوة.

يستخدم غاز الأسيتيلين ـ مركب هيدروكربوني ـ كمصدر للحرارة حيث ينتج عنه لهب عالي الحرارة عندما يحترق في الهواء، وحرارة أعلى عندما يحترق بالأكسجين النقي.

يستخدم عمال اللحام آلة يطلق عليها مشعل الأسيتيلين الاوكسيجيني، حيث يمكن التحكم بهذه الآلة بدقة تامة للحصول على لهب صغير وذي حرارة عالية يوجه بدقة عالية إلى المكان المطلوب، كما يمكن استخدام المشرط الحراري ـ يستخدم خليط من الأكسجين والبروبان ـ لقطع المواد.

يسعدنا أن نقدم لفلذات أكبادنا تجربة مبسطة توضح اثر الحرارة في تسهيل عملية القطع واللحم، وذلك فيما يلي:

• الأدوات

٤شمعات، وسكين بمقبض خشب أو بلاستيك، وثقاب (أعواد الكبريت)

• خطوات العمل

١- حاول قطع واحدة من الشمعات بالسكين وهي باردة، ماذا تشاهد؟

٢- أشعل الشمعة الثانية وسخن بها نصل السكين ثم حاول مرة أخرى قطع الشمعة بالسكين الساخنة، ماذا تشاهد؟

٣- قرب طرفي الشمعتين الباقيتين إلى بعضها وهما بشكل بارد، ماذا تشاهد؟

٤- سخن نصل السكين مرة أخرى ثم ضعه بين طرفي الشمعتين لفترة وجيزة ثم اسحب السكين ولامس طرفي الشمعتين مع بعضهما حتي يتجمد الشمع المنصهر من كلتا الشمعتين، ثم حاول أن تفصلهما، ماذا تشاهد؟

• المشاهدات

١- نشاهد في الحالة الأولى صعوبة قطع الشمعة، شكل (١).

٢- نشاهد في الحالة الثانية سهولة قطع الشمعة حتى بدون ضغط قوي على السكين، (٢).

٣- نشاهد في الحالة الثالثة عدم إلتحام الشمعتين ببعضهما.

٤- نشاهد في الحالة الرابعة إلتحام الشمعتين مع بعضهما ، شكل (٣).

• الإستنتاج

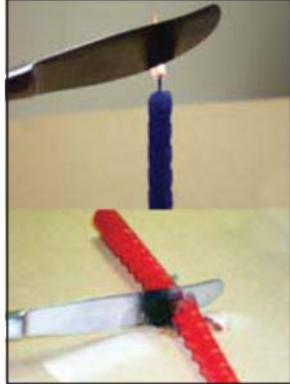
نستنتج من المشاهدات السابقة أنه يمكن استخدام الحرارة في قطع ولحم المواد مثل الفلزات وغيرها.

المصدر

Young Scientist, Discovering Gases, Vol. 3



شكل (١)



شكل (٢)



شكل (٣)

الهندسة الوراثية لعلاج السرطان

تمكن العلماء من تحويل بعض خلايا مرضى سرطان الجلد (Melanoma patients) إلى خلايا مقاومة للسرطان عن طريق إدخال مورث لها، مما يعد أول خطوة للعلاج بالمورثات (Gene therapy).

سبق هذه الخطوة - بعدة سنين - نجاح محدود لعلاج بعض أنواع السرطان باستخدام مايسمى بتقنية "نقل الخلية بالتبني" (Adoptive Cell tranfer). تعتمد هذه التقنية على القدرة الطبيعية لبعض الخلايا المناعية - خلايا-ت والخلايا اللمفاوية - للتعرف على الخلايا السرطانية عند بعض المرضى ومن ثم قتلها، وتبدأ خطوات هذه التقنية بعزل الخلايا المناعية الأكثر ضراوة في قتل الخلايا السرطانية وإكثارها في المختبر، ومن ثم تحطيم الخلايا الأقل ضراوة، واستبدالها بالخلايا التي تم إكثارها لتقوم بدورها في القضاء على الخلايا السرطانية للمريض.

يذكر **ستيفن روسنبرج** (Steven Rosenberg) من معهد السرطان القومي في ميرلاند أن التقنية المذكورة -نقل الخلية بالتبني- لاتصلح لأغلب مرضى السرطان، فمثلاً لا توجد الخلايا المختصصة في قتل خلايا الجلد إلا في ٥٠٪ من المرضى، كما أن الخلايا المتخصصة في قتل الأنواع الأخرى من السرطانات -الثدي، الرئة، الكبد ... - الخ - من الصعب وجودها في الأشخاص المصابين بهذه السرطانات.

وفي خطوة مهمة لتطوير تقنية نقل الخلية بالتبني لعلاج الأمراض السرطانية الأخرى قام **روسنبرج** ومجموعته بعزل بعض خلايا - ت من دماء ١٧ شخص من مرضى سرطان الجلد الميئوس من علاجهم، ثم أضاف إليها فيروس معين له القدرة على تصنيع بروتين يدعى (MART-1) على سطحها، مما يجعل خلايا-ت المحورة وراثياً قادرة على التعرف على خلايا سرطان الجلد وقتلها.

قام الباحثون بغرس الخلايا المحورة وراثياً في الخلايا الأم التي أخذت منها سابقاً، حيث أظهرت النتيجة تحسناً مذهلاً في حالة اثنين من المرضى، وتم شفاءهم الكامل من المرض بعد شهرين من عملية الغرس. أما بقية المرضى الخمسة عشر فقد تم قتل ٨٥٪ من خلاياهم السرطانية.

ويذكر **روسنبرج** أنه على الرغم من الاختلاف في مستوى شفاء المرضى بواسطة هذه التقنية، إلا أن استمرار وجود الخلايا المقاومة للسرطان في أجسام المرضي يعد من العلامات المشجعة، ويؤكد نجاح هذه الطريقة في علاج السرطان إذا تم تطويرها مستقبلاً، وهو مايعمل عليه الباحثون.

المصدر:

www.sciencenews.org/articles/20060902/fob1.asp

اثنا عشر كوكباً للمجموعة الشمسية

اقترح علماء الفلك خلال انعقاد الجمعية العمومية للاتحاد العالمي للفلك (International Astronomical Union-IAU) المنعقد في سبتمبر ٢٠٠٦م ببراغ في جمهورية التشيك: أن يصبح عدد كواكب المجموعة الشمسية اثني عشر كوكباً بدلاً من الكواكب التسعة المعروفة سابقاً، حيث سينضم إلى تلك التسعة كل من: الكويكيب سيرس، والقمر شارون (Charon) الذي يدور حول كوكب بلوتو، ومجموعة كبيرة من الأجسام خارج المجموعة الشمسية تسمى (2003UB313).

قامت الجمعية العمومية للاتحاد العالمي للفلك (IAU) بتكليف لجنة مكونة من سبعة أشخاص تضم فلكيين وكتاب وعلماء تاريخ بإعادة تعريف الكوكب السيار، وقد اتفقت اللجنة على تعريفه بأنه: "أي جسم يدور حول نجم وليس بنجم، وليس بقمر يدور حول كوكب، وأن تكون له قوة جاذبية كافية تجعله مستدير الشكل".

ويذكر **نيل تايسون** (Neil Degvasse Tyson) مدير قبة هايدن الفلكية في نيويورك أنه تم أخيراً تعريف الكوكب بعد ٢٥٠٠ عام من الجدل، خاصة بعد اكتشاف أجسام تقع بعد كوكب نبتون فيما يسمى بحزام **كويبر** (Kuiper belt) الذي يقع فيه كوكب بلوتو.

يختلف كوكب بلوتو عن كواكب المجموعة الشمسية الثمانية المعروفة بأنه صغير الحجم مقارنة بها، وله مدار غير مألوف، وله صفات مشتركة مع حوالي ألف من الأجسام الموجودة في حزام **كوبير**. فضلاً عن ذلك فإن علماء الفلك وجدوا أن مجموعة (2003UB313) أكبر حجماً من بلوتو.

ويذكر **مايك براون** (Mike Brown) - من معهد باسادينا للتقنية ومكتشف مجموعة (2003UBB13)- أنه يجب الاعتراف بخطأ إطلاق اسم الكوكب على بلوتو، ولكن بما أنه محبوب لدى كثير من الناس فمن الصعب وضعه أقل منزلة من الكوكب.

عليه فإن اللجنة المكلفة أبقت على بلوتو ليكون كوكباً، وأضافت إليه قمره شارون ليكونا الكوكبين المزدوجين. وبذلك تصبح المجموعة الشمسية كالآتي :-

عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ، المشتري، زحل، أورانوس، نبتون، إضافة إلى مجموعة سيرس المعروفة بالكواكب القزمة، وكذلك المجموعة الجديدة بلوتو، وشارون، و(2003UB323) المعروفة بالكويكبات الثلجية التي ستضم مجموعات أخرى، منها ٤١ جسماً تم اكتشافها حتى الآن خارج المجموعة الشمسية.

المصدر:

http://www.sciencenewsorg/articles/20060819/fobl.asp.

سرطان الغدة الدرقية واشعاع تشرنوبل

بالرغم من مرور عقدين من الزمان على حادث الانفجار النووي في تشرنوبل إلا أن دراسة حديثة أشارت إلى وجود حالات لسرطان الغدة الدرقية من جراء التعرض لليود المشع الذي صدر عن الحادث المذكور، خاصة بين الذين كانوا أطفالا ومراهقين وقت الحادث.

أدى حادث تشرنوبل في عام ١٩٨٦ إلى تعرض عدد كبير من مواطني بيلا روسيا وأوكرانيا وروسيا الاتحادية لمواد مشعة غنية باليود والسيزموم. وقد أشارت عدة دراسات سابقة إلى أن التعرض لأنواع معينة من الإشعاع تزيد من حالات الإصابة بسرطان الغدة الدرقية بين الأطفال والمراهقين، غير أن قليلاً من تلك الدراسات قد تناولت أثر التعرض لليود المشع، بل إن هناك ثلاث دراسات فقط تعرضت لعلاقة حادث تشرنوبل بهذا النوع من السرطان.

قام **جفري هاو** (Geoffrey R.Howe) ومجموعته من جامعة كولمبيا بنيويورك بمسح حالة ١٣١٢٦ من مواطني أوكرانيا كانت أعمارهم عند حادث تشرنوبل أقل من ١٨ عاماً، حيث قاموا بتقدير الجرعة الاشعاعية لكل شخص من المجموعة المذكورة، وذلك باستخدام قياسات الإشعاع في الغدة الدرقية بعد حادث تشرنوبل مباشرة. اتضح من مسح القياسات الإشعاعية وجود ٤٥ حالة من سرطان الغدة الدرقية من المجموعة المذكورة مقارنة بـ ١١.٢ حالة متوقعة في الأماكن التي لم يصلها الاشعاع. إضافة لذلك أشارت الدراسة إلى أن الإصابة بالسرطان المذكور أقل عند الأشخاص الذين كانت أعمارهم أكثر من ١٨عاماً وقت الحادث المذكور، أي أن فرص التعرض للسرطان تزيد عند الأشخاص الذين كانوا أطفالاً أو مراهقين وقت الحادث. ويذكر الباحثون أن ٧٥٪ من حالات الإصابة بسرطان الغدة الدرقية في منطقة الدراسة لم تكن تحدث لولا مشيئة الله ثم ذلك الحادث، الأمر الذي يفسر الأثر الفعال لليود المشع في زيادة حالات السرطان.

المصدر :-

http://www.sciencedaily.com/releases/2006/07/060714175324.htm



مـع القـــراء

قراءنا الأعزاء

لازال بريد المجلة يستقبل رسائلكم التي تذخر بعبارات الشكر والثناء على المجلة والقائمين عليها. ونحن إذا نقدر لكم هذا الإطراء الذي يخجل تواضعنا نؤكد لقرائنا الأعزاء أننا سنحاول أن نكون عند حسن ظنكم بنا وسنبذل كل جهد في الرقي بالمجلة حتى تسهم في نشر الوعي العلمي في عالمنا العربي.

● الأخت الكريمة / رشا إسماعيل خليل ـ العراق

ببالغ الشكر تلقينا رسالتك التي تحمل في طياتها الثناء العاطر على **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية**، أما بخصوص المعلومات التي طلبتيها فقد أحلنا رسالتك إلى جهة الاختصاص، ونأمل أن يتحقق طلبك.

● الأخ الكريم / مصطفي عشيبة ـ الجزائر

بكل فخر واعتزاز تسلمنا رسالتك التي تحمل في طياتها وصفاً دقيقا لأهداف المجلة التي أشرت إليها في رسالتك. كما يسعدنا إفادتك بأننا لانهمل أية رسالة تصل الينا ونرد عليها بالطريقة المناسبة. أما بخصوص رغبتك الإشتراك في المجلة فإنه يسرنا إفادتك إدراج اسمك في قائمة الإهداءات ونأمل أن تصلك باستمرار.

● الأخ الكريم /النذير جوري المكي ـ الجزائر

نشكرك على رسالتك ويؤسفنا تأخر وصول المجلة إليك لأسباب لانعلمها، وسيتم تحديث عنوانك ونأمل أن يستمر وصولها اليك، وبدون تأخير، شاكرين تواصلك مع المجلة.

● الأخت الكريمة /نوال باحوز ـ الجزائر

تلقينا رسالتك وفهمنا مضمونها، ويؤسفنا الاعتذار عن تحقيق طلبك لعدم توفره لدينا، كما أنه ليس من إختصاصنا إهداء كتب ليست من إصداراتنا.

● الأخت الكريمة / غدير محمد مبارك باحيد ـ جدة

يسعدنا نتقدم لك بالشكر الجزيل على ثنائك العاطر على المجلة، كما يسعدنا إدراج اسمك في قائمة الإصدارات، ونأمل أن تصلك الأعداد القادمة بشكل متواصل.

● الأخ الكريم/ شراديد الأخضر ـ الجزائر

يؤسفنا عدم استطاعتنا تزويدك بجميع الأعداد التي طلبتها لأنها غير متوفرة، ولكن سنحاول تزويدك بالمتوفر منها، أما بخصوص المقال الذى أرسلت فيصعب نشره فى الوقت الحاضر لأنه كما تعلم المجله تتبع منهج الموضوع الواحد، ولن يتم إصدار أية أعداد تتعلق بالبيئة في القريب العاجل.

● الأخت الكريمة /نبيلة صغراوي ـ الجزائر

نشكرلك ثنائك العاطر على المجلة، كما يسعدنا إفادتك بإدراج اسمك فى قائمة الإهداءات، وسنحاول تزويدك بالأعداد التى تغطي مواضيع فيزيائية حسب الإمكان.

● الأخ الكريم / عبد القادر الجيلاني نواري ـ الجزائر

نشكرك على رسالتك، ويسعدنا تواصلك معنا وسيتم بإذن الله تعالى تلبية طلبك وتغير عنوانك حسب ماذكرت في رسالتك.

● الأخت الكريمة /عائشة محمد الحاج بو عافية ـ الجزائر

تسلمنا رسالتك ويسعدنا أن نكون أول مجلة تراسلينها، وسنحاول إدراج اسمك في قائمة الإهداءات حسب الإمكان وفي أقرب فرصة، ولك منا الشكر والتقدير.

● الأخ الكريم /عامر حجازى ـ الجزائر

تلقينا رسالتك والنموذج المرفق بها، ويؤسفنا إفادتك بأن هذا ليس من اختصاصنا.

● الأخ الكريم / رأس الواد فوزى ـ الجزائر

نشكرك على رسالتك، وسنحاول إدراج اسمك فى قائمة الإهداءات حسب الإمكان.



في

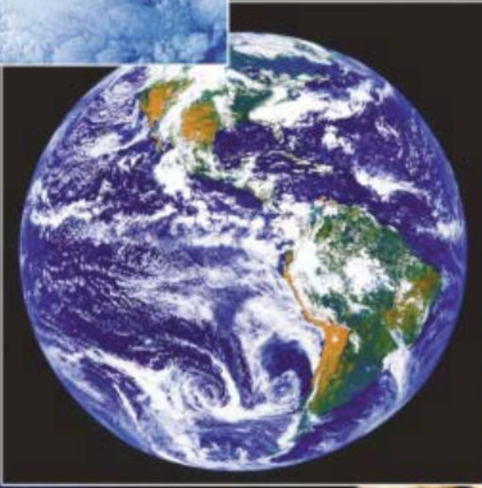
العدد المقبل

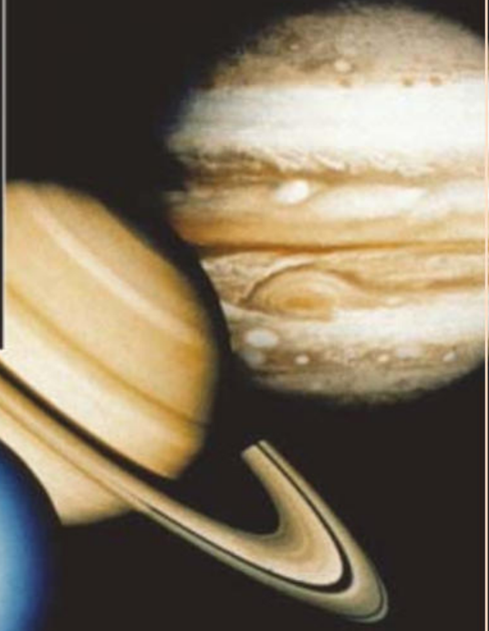
الأقمار الاصطناعية

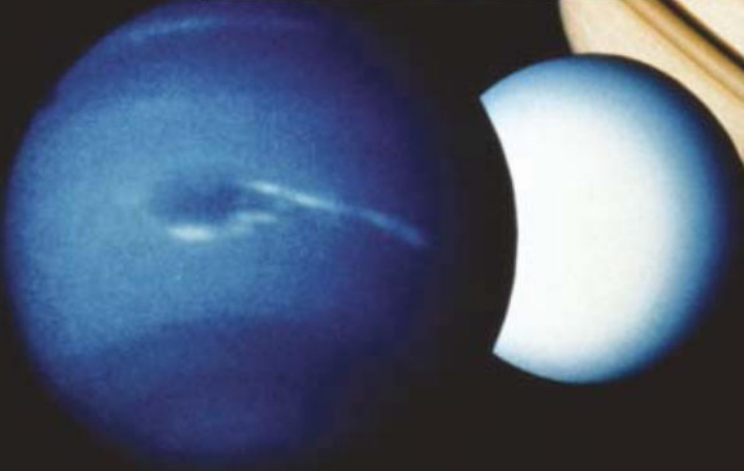
(الجزء الثاني)

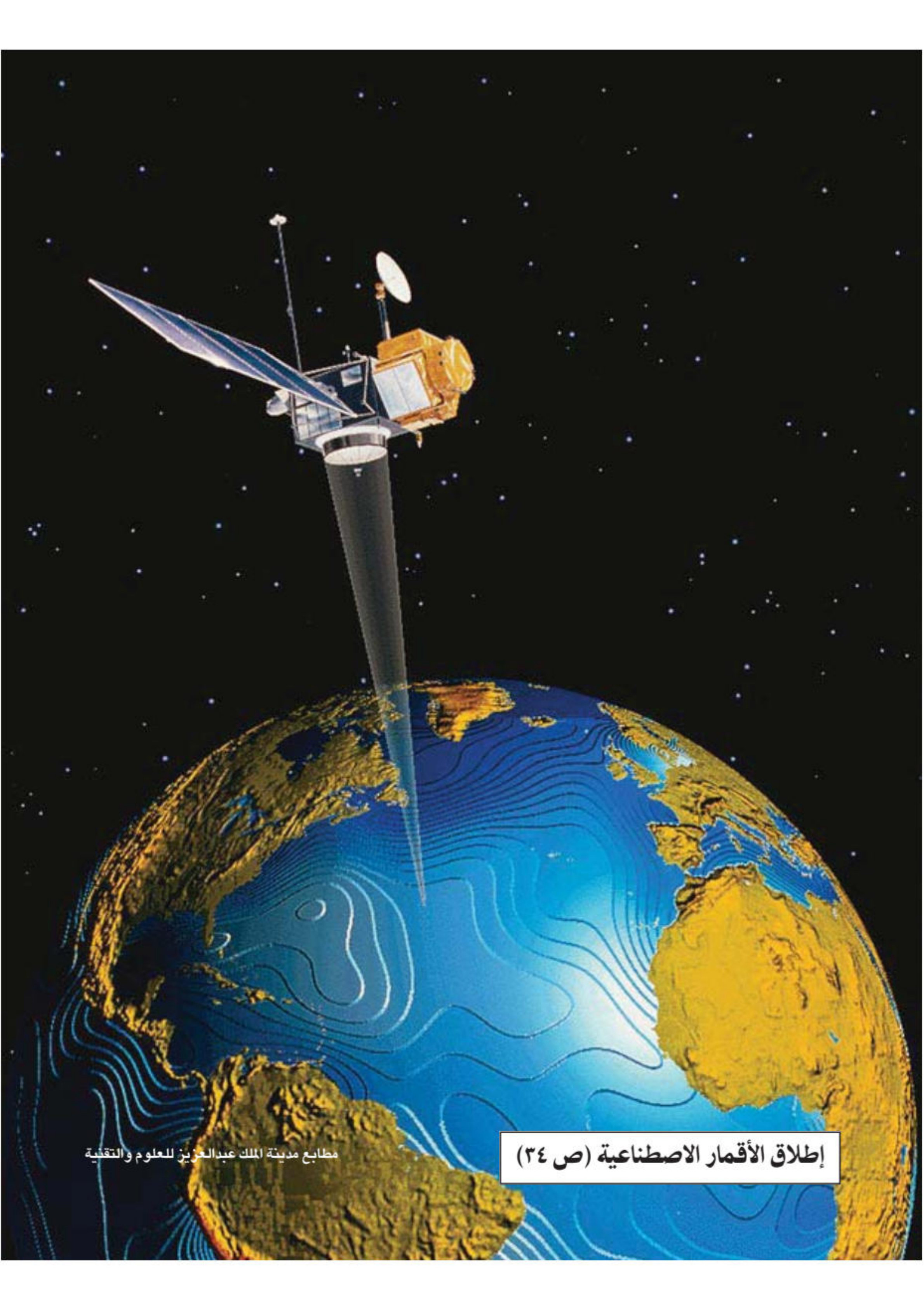











إطلاق الأقمار الاصطناعية (ص ٣٤)
مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية